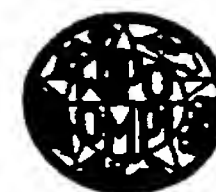
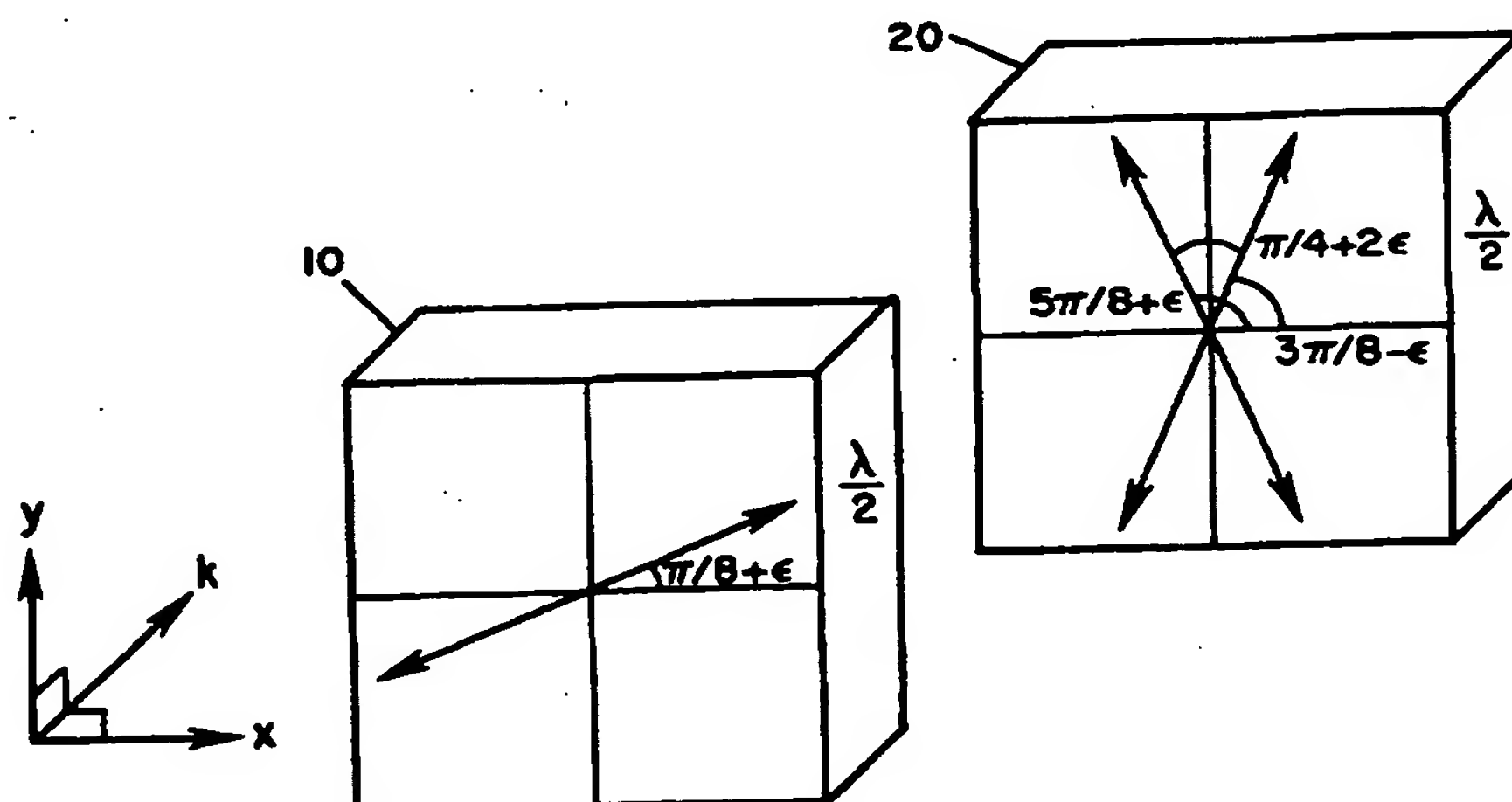


**PCT**WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION  
International Bureau

## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>6</sup> : <b>G02F 1/133</b>	<b>A1</b>	(11) International Publication Number: <b>WO 97/16763</b> (43) International Publication Date: <b>9 May 1997 (09.05.97)</b>
(21) International Application Number: <b>PCT/US96/17557</b> (22) International Filing Date: <b>30 October 1996 (30.10.96)</b> (30) Priority Data: <b>08/549,963</b> <b>30 October 1995 (30.10.95)</b> <b>US</b> (71) Applicant: <b>KAJ [US/US]; 7217 Coyote Trail, Longmont, CO 80503 (US).</b> (72) Inventor: <b>SHARP, Gary, D.; 5251 Olde Stage Road, Boulder, CO 80302 (US).</b> (74) Agents: <b>LANGFORD, Alison, A. et al.; Greenlee, Winner &amp; Sullivan P.C., Suite 201, 5370 Manhattan Circle, Boulder, CO 80303 (US).</b>		(81) Designated States: <b>JP, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b>  <b>Published</b> <i>With international search report.</i>

(54) Title: **SWITCHABLE ACHROMATIC POLARIZATION ROTATOR**

## (57) Abstract

This invention provides a liquid crystal achromatic rotator switch, and an achromatic shutter using the rotator switch. The rotator switch requires input light of a fixed orientation and switches between rotating the polarization by zero degrees and by a fixed angle,  $\beta$ . The achromatic shutter uses an achromatic 90-degree rotator switch positioned between a pair of polarizers. A first embodiment of the rotator switch comprises one planar-aligned rotatable smectic liquid crystal half-wave retarder (11) in series with one passive half-wave retarder (21). The smectic liquid crystal cell (11) has fixed retardance and is driven between two orientations for off- and on-states. A second embodiment of the rotator switch utilizes two variable birefringence cells having fixed orientation and variable retardance. In the off-state, both retarders have zero retardance, and in the on-state they have half-wave retardance.

(19)日本国特許庁 (J P)                      (12) 公表特許公報 (A)                      (11)特許出願公表番号  
特表平11-515117  
(43)公表日 平成11年(1999)12月21日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>                      識別記号                      F I  
G 0 2 F    1/13                      5 0 5                      G 0 2 F    1/13                      5 0 5

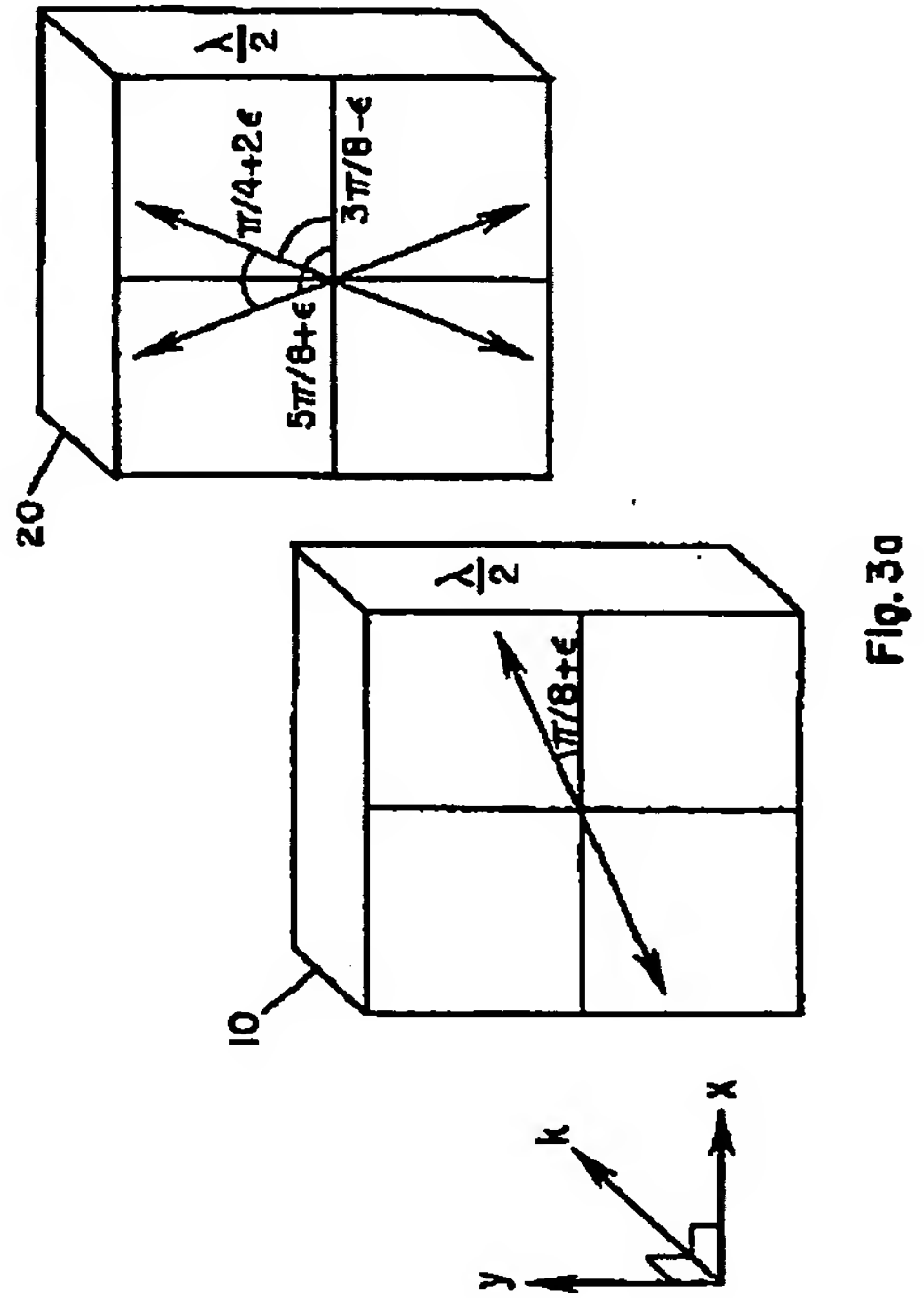
審査請求 未請求    予備審査請求 有    (全 48 頁)

(21)出願番号                      特願平9-517578 (86) (22)出願日                      平成8年(1996)10月30日 (85)翻訳文提出日                      平成10年(1998)4月27日 (86)国際出願番号                      P C T / U S 9 6 / 1 7 5 5 7 (87)国際公開番号                      W O 9 7 / 1 6 7 6 3 (87)国際公開日                      平成9年(1997)5月9日 (31)優先権主張番号                      0 8 / 5 4 9 , 9 6 3 (32)優先日                      1995年10月30日 (33)優先権主張国                      米国 (U S) (81)指定国                      E P (A T , B E , C H , D E , D K , E S , F I , F R , G B , G R , I E , I T , L U , M C , N L , P T , S E ) , J P	(71)出願人    ケイエージェイ   エルエルシー アメリカ合衆国   80503   コロラド州   ロ ングモント   コヨーテ   トレイル   7217 (72)発明者    シャープ、ゲーリー   ディー、 アメリカ合衆国   80302   コロラド州   ボ ルダー   オルデ   ステージ   ロード   5251 (74)代理人    弁理士   恩田   博宜
---	---

(54)【発明の名称】    切替え可能な色消し偏光回転子

(57)【要約】

本発明は液晶色消し回転子スイッチと、同回転子スイッチを使用した色消しシャッターとを提供する。回転子スイッチは一定の配向を有する入力光線を必要とし、かつ偏光の回転角度をゼロ度及び一定角度 $\beta$ の間で切替える。色消しシャッターは一對の偏光子の間に配置された色消し90度回転子スイッチを使用している。第1の実施の形態に基づく回転子スイッチは平面配列された回転可能な1つのスメクチック液晶半波長位相子(11)を有し、同半波長位相子(11)は1つの受動半波長位相子(21)に連続して配置されている。スメクチック液晶セル(11)は一定のリターダンスを有し、かつオフ状態及びオン状態にそれぞれ対応する2つの配向の間で駆動される。第2の実施の形態に基づく回転子スイッチは2つの可変複屈折セルを使用しており、各可変複屈折セルは一定の配向及び可変リターダンスを有する。両方の位相子はオフ状態においてゼロ・リターダンスを有し、かつオン状態において半波長リターダンスを有する。



## 【特許請求の範囲】

1. 0度に配向された直線偏光を受け入れ、かつ同受け入れた光を角度 $\beta$ 回転させる色消し偏光回転子スイッチであって、

前記直線偏光に対して $\alpha_1 = \beta / 4 + (-1)^n \epsilon - n\pi / 4$ で配向された第1の半波長位相子と、前記 $n$ が非負の整数であり、前記 $\epsilon$ が小角であることと、

前記第1の位相子に連続して配置された第2の半波長位相子と、同第2の半波長位相子が前記直線偏光に対して $\alpha_2 = 3\beta / 4 - (-1)^n \epsilon + n\pi / 4$ で配向されていることと、

前記複数の位相子のうちの一方は受動位相子であり、他方は回転可能な液晶位相子であり、同回転可能な液晶位相子は $\pi / 2$ の第2の配向まで前記受動位相子に対して回転可能であること

を含む色消し偏光回転子スイッチ。

2.  $0 \leq \epsilon \leq 5$ 度である請求項1に記載の回転子スイッチ。

3.  $0 \leq \epsilon \leq 3$ 度である請求項2に記載の回転子スイッチ。

4.  $\beta = 90$ 度である請求項1に記載の回転子スイッチ。

5. 前記液晶はSmC\*液晶であり、 $\alpha_1 = \pi / 8 + \epsilon$ であり、 $\alpha_2 = 3\pi / 8 - \epsilon$ である請求項4に記載の回転子スイッチ。

6.  $0 \leq \epsilon \leq 3$ 度である請求項5に記載の回転子スイッチ。

7.  $\beta = 45$ 度である請求項1に記載の回転子スイッチ。

8. 前記液晶はSmC\*液晶であり、 $\alpha_1 = -3\pi / 16 - \epsilon$ であり、 $\alpha_2 = 7\pi / 16 + \epsilon$ である請求項7に記載の回転子スイッチ。

9.  $0 \leq \epsilon \leq 3$ 度である請求項8に記載の回転子スイッチ。

10. 前記液晶はSmC\*、SmA\*、ディストーテッド・ヘリックス・フェロエレクトリック及びアキラルCSLCからなるグループから選択される請求項1に記載の回転子スイッチ。

11. 前記液晶はSmC\*液晶である請求項1に記載の回転子スイッチ。

12. 前記受動位相子は延伸ポリマー位相子である請求項1に記載の回転子スイッチ。

13. 前記受動位相子はポリマー液晶位相子である請求項1に記載の回転子スイッチ。
14. 請求項1に記載の回転子スイッチと、同回転子スイッチの前方に配置され、かつ0度に配向された第1の直線偏光子と、前記回転子スイッチの後方に配置された第2の直線偏光子とを含む色消しシャッター。
15. 前記第2の偏光子は第1の偏光子に対して平行配向または直交配向されている請求項14に記載の色消しシャッター。
16.  $\beta = 90$ 度である請求項15に記載の色消しシャッター。
17. 前記液晶はSmC\*液晶であり、 $\alpha_1 = \pi / 8 + \epsilon$ であり、 $\alpha_2 = 3\pi / 8 - \epsilon$ である請求項16に記載の色消しシャッター。
18.  $0 \leq \epsilon \leq 3$ 度である請求項17に記載の色消しシャッター。
19.  $0 \leq \epsilon \leq 5$ 度である請求項16に記載の色消しシャッター。
20.  $0 \leq \epsilon \leq 3$ 度である請求項19に記載の色消しシャッター。
21. 前記液晶はSmC\*、SmA\*、ディストーション・ヘリックス・フェロエレクトリック及びアキラルCSLCからなるグループから選択される請求項16に記載の色消しシャッター。
22. 前記液晶はSmC\*液晶である請求項16に記載の色消しシャッター。
23. 前記受動位相子は延伸ポリマー位相子である請求項16に記載の色消しシャッター。
24. 前記受動位相子はポリマー液晶位相子である請求項16に記載の色消しシャッター。
25. 前記第2の偏光子は偏光ビームスプリッターである請求項16に記載の色消しシャッター。
26. 前記液晶位相子はマルチピクセル液晶位相子である請求項16に記載の色消しシャッター。
27. 請求項16に記載の色消しシャッターと、前記回転子スイッチ及び第2の偏光子の間に配置された第2の受動位相子とを有する偏光干渉フィルタ。

28. 前記第2の受動位相子は第1の偏光子に対して±45度で配向されている請求項27に記載の偏光干渉フィルタ。

29. 前記第2の偏光子の後方に配置されている第3の直線偏光子と、前記第3の偏光子及び第2の偏光子の間に配置されている第3の受動位相子とを有する請求項27に記載の偏光干渉フィルタ。

30. 請求項28に記載の偏光干渉フィルタと、前記第2の受動位相子及び第2の偏光子の間に配置され、かつ第1の偏光子に平行配向または直交配向されている第3の受動位相子と、第4の受動位相子とを有し、同第4の受動位相子は第2の受動位相子と同じリターダンスを有し、かつ第3の受動位相子及び第2の偏光子の間に配置され、さらには第1の偏光子に対して±45度で配向されているスプリット素子フィルタ。

31. 請求項1に記載の回転子スイッチと、同回転子スイッチの前方に配置され、かつ0度で配向されている第1の直線偏光子とを有する偏光スイッチ。

32.  $\beta = 90$ 度である請求項31に記載の偏光スイッチ。

33. 請求項32に記載の偏光スイッチと、前記回転子スイッチの後方に配置され、かつ第1の偏光子に対して平行配向または直交配向された第2の直線偏光子とを有し、前記第1の偏光子または第2の偏光子はカラー偏光子であるカラー・フィルタ。

34. 前記カラー偏光子は多色直線偏光子である請求項33に記載のカラー・フィルタ。

35. 前記カラー偏光子はニュートラル直線偏光子と、同直線偏光子及び回転子スイッチの間に配置された位相子スタックとを有し、同スタック内の位相子の数量と、各位相子のリターダンス及び配向とは、加法原色スペクトルを第1の偏光軸に沿って伝搬し、コンプリメンタリー減法原色スペクトルを第2の直交偏光軸に沿って伝搬すべく設定されている請求項33に記載のカラー・フィルタ。

36. 前記第1の偏光子及び第2の偏光子はそれぞれカラー偏光子である請求項33に記載のカラー・フィルタ。

37. 前記第2の偏光子の後方に配置された第2の回転子スイッチと、同第2の



回転子スイッチの後方に配置され、かつ第1の偏光子に平行配向または直交配向されている第3の直線偏光子とを有する請求項33に記載のカラー・フィルタ。

38. 前記第3の偏光子はカラー偏光子である請求項37に記載のカラー・フィルタ。

39. 請求項4に記載の回転子スイッチ及び1/4波長位相子を有し、同1/4波長位相子が前記回転子スイッチの後方に配置され、かつ前記直線偏光に対して45度で配向されている左右像スイッチ。

40. 請求項39に記載の左右像スイッチと、前記1/4波長位相子の後方に配置されている第1のコレステリック円偏光子とを有するカラー・フィルタ。

41. 前記第1のコレステリック・カラー偏光子の後方に配置されている第2のコレステリック・カラー偏光子を有する請求項40に記載のカラー・フィルタ。

42. 0度に配向された直線偏光を受け入れ、かつ同受け入れた光を角度 $\beta$ 回転させる色消し偏光回転子スイッチであって、

前記直線偏光に対して $\alpha_1 = \beta / 4 + (-1)^n \epsilon - n\pi / 4$ で配向された第1の液晶可変位相子と、前記 $n$ が非負の整数であり、前記 $\epsilon$ が小角であることと、

前記第1の位相子に連続して配置された第2の液晶可変位相子と、同第2の液晶可変位相子が前記直線偏光に対して $\alpha_2 = 3\beta / 4 - (-1)^n \epsilon + n\pi / 4$ で配向されていることと、

前記第1の可変位相子及び第2の可変位相子のリターダンスはゼロ及び半波長リターダンスの間で同時切替え可能であることを含む色消し偏光回転子スイッチ。

43.  $0 \leq \epsilon \leq 5$ 度である請求項42に記載の回転子スイッチ。

44.  $0 \leq \epsilon \leq 3$ 度である請求項43に記載の回転子スイッチ。

45.  $\beta = 90$ 度である請求項42に記載の回転子スイッチ。

46.  $\beta = 45$ 度である請求項42に記載の回転子スイッチ。

47. 前記第1の液晶位相子及び第2の液晶位相子はホモジニアス配向したネマチック液晶位相子、ネマチック $\pi$ -セル液晶位相子及びホメオトロピック配向したスメクチック液晶位相子からなるグループから選択される請求項42に記載の

回転子スイッチ。

48. 前記第1の液晶位相子及び第2の液晶位相子はそれぞれネマチック $\pi$ -セル液晶位相子である請求項42に記載の回転子スイッチ。

49. 請求項42に記載の回転子スイッチと、同回転子スイッチの前方に配置され、かつ0度で配向されている第1の直線偏光子と、前記回転子スイッチの後方に配置されている第2の直線偏光子とを有する色消しシャッター。

50. 前記第2の偏光子は第1の偏光子に対して平行配向または直交配向されている請求項49に記載の色消しシャッター。

51.  $\beta = 90$ 度である請求項50に記載の色消しシャッター。

## 【発明の詳細な説明】

## 切替え可能な色消し偏光回転子

発明の分野

本発明は連続して配置された2つの位相子を有する色消し偏光回転子スイッチ (Achromatic polarization rotator switches) と、同回転子スイッチを使用したシャッター及びフィルタとに関する。

発明の背景

液晶(LC)デバイスはカラー・シャッター、同調可能偏光干渉フィルタ (Tunable polarization interference filters)、ライト・バルブ及び複合振幅変調器を含む多数の能動ストラクチャーを形成すべく使用されている。しかし、液晶位相子 (Liquid crystal retarders) の色度は同液晶位相子が適切に機能し得るスペクトル帯域を制限する。2つの要因、即ち、(1) 誘電異方性の波長依存性である分散と、(2) リターデーションの明白な反転波長依存性 (Explicit inverse wavelength dependence) とが波長板の波長感度、即ち色度に影響を及ぼす。これら両コンポーネントは更に短い波長におけるリターデーションを増大する。特定のリターデーションを設計波長において形成する複屈折材料は、前記の特定のリターデーションより大きいリターデーションを設計波長より短い波長において形成し、特定のリターデーションより小さいリターデーションを設計波長より長い波長において形成する。

位相子の色度の影響を示すべく、回転可能な液晶素子を使用する従来の偏光スイッチを以下に詳述する。平面配列されたキラルスメクチック液晶 (Chiral Smectic Liquid Crystal、略してCSLCと称する) を使用して光線を遮断する従来のアプローチでは、LC半波長板の分子ディレクター (Molecular director) は図1に示すように隣接する複数の直交偏光子に対して0配向及び $\pi/4$ 配向の

間で切替わる。半波長リターダンス中心波長 (Half-wave retardance center wavelength) は動作波長における最大透過率を実現すべく選択されている。ディスプレイ及びカメラにおいて、半波長リターダンス中心波長は可視光線スペクトルの最適な範囲を実現すべく選択されている。しかし、オン状態帯域幅は狭いうえ



、赤／青の不適切な透過を常には形成する。更に、CSLCフィルムの小さな空間的厚さのバリエーションは視認可能な大きなカラー・バリエーションを形成する。図2は500nm半波長板を使用する従来のCSLCシャッターのコンピュータ・モデリングによるオン状態透過率を示す。モデルは複屈折分散の影響を含む。シャッターの極端な色度が示されており、透過率は可視光線スペクトルにおいて2倍変化している。

複数の能動素子を含む更に精巧な能動色消ストラクチャーが開示されている。ダール他（国際特許出願公開第WO90/09614号（1990年））は色補償を使用したLCシャッターを開示している。2つのアナログCSLC半波長板が互いに直交する一対の偏光子間に配置されている。シングル・セル・シャッターより更に効果的な色消しレスポンスを実現すべく、2つの半波長板を対称に変調する（即ち、第1の半波長板及び第2の半波長板はそれぞれ配向 $\theta$ 及び配向 $90-\theta$ となる）。このデバイスは2つの能動CSLCセルを必要とするため、同デバイスは広範な用途を実現していない。

同一の位相子材料からそれぞれ形成された複数の受動層を使用した色度補償はエス・パンチャラトナム（S. Pancharatnam）によるProc. Indian Acad. Sci. A 41,137[1955]に記載されている論文と、エイ・エム・タイトル（A.M. Title）によるAppl. opt. 14, 229[1975]に記載されている論文と、シー・ジェイ・コエスター（C.J. Koester）によるJ. Opt.Soc. Am. 49, 405, [1959]に記載されている論文とにそれぞれ開示されており、これら論文の内容は本開示をもって本明細書中に開示したものとする。

パンチャラトナムは色消し位相子として機能する3波長板ストラクチャーを開示している。3波長板ストラクチャーは同一材料からそれぞれ形成された3つの

フィルムからなる。更に、任意のリターダンス値を有するデバイスの形成を可能にすべく、設計パラメータが提供されている。パンチャラトナムの複合位相子を形成するために少なくとも3つの素子を要することは注目すべき点である。

パンチャラトナムの色消し半波長位相子ユニットを機械的に回転させることによって、波長の影響を受けない直線偏光の再配向が可能である。この種の複合半

波長位相子の電気機械的回転は天文学的イメージング・スペクトロメータのための偏光干渉フィルタを調整すべく広範にわたって使用されている。勿論、このソリッド・ステート・バージョンは3つの位相子の同期した電気光学的回転を必要とし得る。

簡単なソリッド・ステート色消し位相子がシャープ及びジョンソンによって最近発明された（米国特許出願第08/419,593号参照）。このパンチャラトナムの位相子ユニットをベースとした位相子は複数の受動半波長位相子に隣接する回転可能な1つのLC半波長位相子を有する。僅かな数の特定の配向において、1つの素子の回転がストラクチャー全体の光軸の効果的な回転に十分な効果を示すことを前記の両発明者は開示している。

パンチャラトナムの3つの素子からなる半波長位相子ユニットを含む複数の半波長位相子は、位相子軸に対して任意の配向 $\theta$ を有する入射平面偏光ビームを配向 $-\theta$ を有するビームへ変換する。“色消し回転子”を2つの直線半波長位相子 (Linear half-wave retarders) を用いて形成できることをコエスターは開示している。色消し回転子は一定の配向を有する入力偏光を必要とし、かつ同入力偏光の偏光面を一定の角度で回転させる。但し、色消し位相子とは異なり、任意の配向を有する偏光を色消し回転子へ入射できない。従って、波長板の機械的回転またはソリッド・ステート・ローテーションは色消し回転子の機能を無効にし得るうえ、回転子の能動的切替えは開示されていない。

#### 発明の概要

本発明は液晶色消し偏光回転子スイッチと、同回転子スイッチを使用する色消しシャッターとを提供する。回転子スイッチは一定の配向を有する入力光線を必要とし、かつ偏光の回転をゼロ度及び一定角度 $\beta$ の間で切替える。色消しシャッターは一对の偏光子の間に配置された色消し90度回転子スイッチを使用している。415～700nmの波長の97%以上のオン状態透過率を偏光子損失に関する標準化後に実現し、かつ455～632nmの波長の500:1のハイ・コントラストを提供する本発明に基づく色消しシャッターを設計し、かつその能力を立証した。このデバイスは市販のLC混合物と、低価格な延伸ポリマーからな

る位相子フィルム（位相差フィルム）とを使用して形成されている。

第1の実施の形態に基づく回転子スイッチは平面配列された回転可能な1つのスメクチック液晶半波長位相子を有し、同半波長位相子は1つの受動半波長位相子に連続して配置されている。スメクチック液晶セルは一定のリターダンスを有し、かつオフ状態及びオン状態にそれぞれ対応する2つの配向の間で駆動される。ゼロ回転を形成するオフ状態を実現すべく、互いに直交する光軸を有する一对の同一の位相差フィルムが偏光状態を変化させないという事実を本発明の回転子スイッチは利用している。従って、オフ状態では、能動位相子及び受動位相子は互いに直交している。最適なスペクトル範囲を実現するチルト角要件及び配向を決定する設計式がオン状態に対して提供されている。シャッター・コントラスト比を支配する式が更に提供されており、同式はゼロ・オーダー位相子（Zero-order retarders）を特徴の点において整合させる範囲を定める。スメクチック液晶セルはSmC<sup>\*</sup>液晶、SmA<sup>\*</sup>液晶、ディストーション・ヘリックス・フェロエレクトリック（Distorted Helix Ferroelectric、略してDHFと称する）液晶、反強誘電性液晶及びアキラルCSLCを使用可能である。

第2の実施の形態に基づく回転子スイッチは2つの可変複屈折液晶セルを使用している。各可変複屈折セルは一定の配向及び可変リターダンスを有する。両方の位相子はオフ状態においてゼロ・リターダンスを有し、かつオン状態において半波長リターダンスを有する。2つの位相子の配向は一定であり、かつ第1の実施の形態のオン状態配向における設計式と同じ設計式に従う。本発明に使用する

可変複屈折液晶セルはホモジニアス配向したネマチック液晶セル、ネマチックπ-セル及びホメオトロピック配向したスメクチック液晶セルを含む。

色消し偏光回転子スイッチはシャッターのオン状態における色消しの実施と、カラー・シャッター内の偏光の変調と、偏光干渉フィルタのスペクトルの反転と、CSLCシャッター内のカラー・パリエーションの補償と、偏光制御システムのスループットの増大とに効果的である。

#### 図面の簡単な説明

図1はCSLCセルを互いに直交する複数の偏光子間に有するライト・シャッ

ターの斜視図である。

図2は図1のシャッターのオン状態におけるコンピュータ・モデリングした出力を示すグラフである。

図3（図3a～図3cを含む）は1つの受動位相子の（a）後方及び（b）前方に配置された回転可能なスメクチック液晶半波長板を有する色消し回転子スイッチと、（c）2つの液晶可変位相子を有する色消し回転子スイッチとをそれぞれ示す斜視図である。

図4は90度回転子スイッチを使用する色消しシャッターを示す斜視図である。

図5（図5a及び図5bを含む）は（a） $n=0$ を有する45度回転子スイッチと、（b） $n=1$ を有する45度回転子スイッチとをそれぞれ示す斜視図である。

図6は（A）簡単なCSLCシャッターと、（B） $\epsilon=0$ を有する色消し回転子シャッターと、（C） $\epsilon=2.5$ 度を有する色消し回転子シャッターとにおけるオン状態での透過率と、半波長リターダンスからの離脱、即ちずれ（ $\delta$ ）との関係をそれぞれ示すグラフである。

図7は可視光線帯域色消し回転子スイッチを使用した直交偏光子シャッターの算出されたオン状態での透過スペクトルを示すグラフである。ストラクチャーは500nm半波長LC及びポリカーボネート位相子の分散を使用している。

図8は図7のシャッターの算出されたオフ状態での透過スペクトルを示すグラフである。

図9（図9a及び図9bを含む）は（a）互いに平行に配置された複数の偏光子の間に位置する $\pi/4$ で配向された1つのCSLC位相子と、（b）互いに平行に配置された複数の偏光子の間に位置する色消し回転子スイッチとにおける測定されたシャッター・オフ状態での透過スペクトルを示すグラフである。

図10は図9bのシャッターの測定されたオン状態におけるスペクトル及びオフ状態におけるスペクトルを示すグラフである。同グラフは高い透過率が等方的状態において実現され、ニュートラル・オフ状態が $\pi/2$ 回転した状態で得られ

ることを示す。

図11は互いに平行をなす複数の偏光子間に配置された色消しシャッターの測定されたオン状態出力及びオフ状態出力を示すグラフである。デバイスは720nm半波長CSLC（イーメルク（E-Merck）のZLI-3654）位相子と、ニットー（Nitto）の400nmポリカーボネート位相子とを使用して形成されている。

図12は図11のシャッターの透過率の高分解能プロットを示すグラフである。平行偏光子の漏れは600～850nmの範囲に広がる250nm帯域において1.0%未満に維持されている。

図13は光線を案内すべく偏光スプリッターを使用した広帯域スイッチング・デバイスを示す。LCデバイス上における極性の切替えは広帯域光線を出射させるポートの切替えを招来する。

図14は更に高い光線効率を実現する回転子スイッチ及びニュートラル・シャッター・アレーを使用したディスプレイを示す縦断面図である。スイッチの中立性に起因して、複数の偏光子を互いに平行な配置または直交する配置とし得る。

#### 発明の詳細な説明

本発明のデバイス内の複数の素子は光学的に連続して接続されている。偏光子

の配向は透過軸の配向を意味し、複屈折素子の配向は同素子の主光軸の配向を意味する。配向は平面偏光された入力光線の偏光軸に対して決定されている。複屈折素子を示す複数の図面において、配向は矢印で示し、リターダンスは素子の側面上に表示している。リターダンスを2つの値の間で切替え可能な場合、同2つの数値は素子の側面上にコンマで分けて示す。リターダンスは設計波長におけるリターダンスを意味し、設計波長という用語は位相子が所定のリターダンスを形成する波長を意味する。設計波長以外の波長では、設計波長におけるリターダンスからのリターダンスのずれ $\delta$ が存在する。

固定位相子という用語は、配向及びリターダンスの電子的変調を実施しない複屈折素子を意味する。本発明の回転可能な液晶位相子は電子的に回転可能な配向と、設計波長における一定のリターダンスとを有する。液晶可変位相子、即ち液



晶可変複屈折位相子は電子的に変更可能なリターダンス（複屈折）と、一定の配向とを有する。色消しという用語は、透過した電磁場振幅が $\delta$ に対するファースト・オーダー・ディペンデンス（First order dependence）を有さない光学デバイスを意味する。従って、透過パワー（Transmitted power）は $\delta$ に対するセカンド・オーダー・ディペンデンス（Second order dependence）を有さない。

#### 90度回転子 (90-degree Rotator)

図3 a は本発明の第1の実施の形態に基づく偏光回転子スイッチを示す斜視図である。広帯域光線を互いに直交する2つの直線状態の間で切替えることが多くのケースにおいて望まれるため、90度色消し回転を本実施の形態において詳述する。色消しシャッターは回転子スイッチを一对の偏光子間に配置することによって形成される（図4参照）。受動半波長位相子10はx軸に沿って偏光された入力光線に対して $\pi/8 + \epsilon$ で配向されており、 $\epsilon$ は小角（Small angle）である。回転可能な液晶半波長位相子20はオン状態において $3\pi/8 - \epsilon$ で配向され、かつオフ状態において $5\pi/8 + \epsilon$ で配向される。オン状態において、スイッチは2つの波長 $\lambda_R$ 及び $\lambda_B$ における正確な90度回転を示す色消し90度偏

光回転を提供する。オフ状態は複数の光軸が互いに直交する状態に対応している。オフ状態はゼロ・ネット・リターデーションを形成し、かつ偏光回転を形成しない。

小角 $\epsilon$ は動作波長帯域での作用を最適化すべく選択する。 $\epsilon$ を増大させることにより、 $\lambda_R$ 及び $\lambda_B$ の間の分離が増大する。好ましい最大 $\epsilon$ は $\lambda_B - \lambda_R$ を動作帯域に等しくした際の $\epsilon$ の値である。従って、本明細書中において、小角という用語は前記の最大値より小さい任意の $\epsilon$ の値に対して使用する。小角は常には $0 \leq \epsilon \leq 5$ 度の範囲である。 $\epsilon$ がゼロ以外の値の場合、90度回転は2つの波長に対して正確に形成される。この角度を増大した場合、動作帯域が増大する。しかし、これは半波長位相子の設計波長における回転効率の損失を犠牲とする。半波長設計波長（Half-wave design wavelength）は所望の動作帯域に基づいて選択する。リターデーション及び複屈折分散の反転波長依存性に起因して、半波長設計波長は動作帯域の中心より多少短い波長となる。



回転可能な液晶位相子はFLCであるか、または電子的に回転可能な光軸を備えた任意の材料であり得る。同液晶位相子は平面配列されたSmC\*液晶及びSmA\*液晶と、ディストーション・ヘリックス・フェロエレクトリック(DHF)液晶と、反強誘電性液晶と、アキラルCSLCとを含む。位相子は少なくとも2つの配向 $\alpha_z$ 及び $\alpha_z'$ の間で切替わる。使用する液晶と、印加する電場とに基づいて、位相子は $\alpha_z$ 及び $\alpha_z'$ を含む複数の配向の間で連続回転するか、双安定状態(Bistable states)  $\alpha_z$ 及び $\alpha_z'$ の間で切替わるか、または2つ以上の不連続な配向(安定配向である必要はない)の間で切替わり得る。 $\alpha_z$ 及び $\alpha_z'$ の間に位置する複数の配向は色消し位相子を形成しない。しかし、同複数の配向はグレー・スケール透過を実現すべくシャッター内に使用できる。表面安定化または体積安定化された複数の配向(Surface or volume stabilized orientations)を有する液晶は、メモリを有するパッシブ・マトリックス・ディスプレイを形成すべく使用できる。

図3aの実施の形態では、液晶光軸は $\pi/4 + 2\epsilon$ の角度だけ回転させる必要がある。従って、回転子の最適なチルト角は例示した従来のシャッターに必要とされる $\pi/8$ のチルト角より多少大きい。色消し帯域幅は $\epsilon$ に非常に敏感であるため、CSLCチルト角は最適化のための重要なパラメータである。チルト角は温度、印加電場及び変調比に依存するため、動作条件の能動的補償は液晶位相子を安定化するために使用可能である。液晶及び受動位相子の配向における誤差は $\epsilon$ 未満であることを要し、同誤差は好ましくは0.5度より小さい。

受動位相子は任意の複屈折材料であり得る。適切な材料は雲母または石英等の結晶体材料と、マイラー(Mylar)またはポリカーボネート等の延伸ポリマー・フィルムと、ポリマー液晶フィルムとを含む。好ましい実施の形態において、受動位相子の分散は液晶分散にほぼ整合している。例えば、マイラーは幾つかのCSLCに類似する分散を有する。

能動位相子及び受動位相子はその設計波長及び分散が互いに整合していることが好ましい。互いに直交する複数の偏光子を有するシャッターでは、理想的な広帯域オフ状態は複数の偏光子の半波長リターデーション波長が同一であって、か

つ同複数の偏光子の分散が整合しており、さらには同複数の偏光子が完全に直交している際に形成される。実際には、オフ状態での漏れは複数の波長板の間における残留リターダンス (Residual retardance) に起因することが多い。複数の中心波長を互いに容易に整合させ得る一方で、残留リターダンスは2つの材料の複屈折分散の差に常には起因する。例えば、ディスプレイ・デバイスに使用する位相差フィルム (ニッターから販売されているNRFまたはNRZ) は一般的なCSLC混合物 (イーメルクが販売するZLI-3654またはSCE-13) より低い複屈折分散を示す。差リターデーション (Difference retardation) はシャッター動作帯域の極値の青/赤の波長における僅かな量の漏れを形成する。

前記の回転子スイッチにおいて、第1の位相子は受動位相子であり、第2の位相子は能動位相子である。本実施の形態の別例では、第2の位相子は受動位相子であり、第1の位相子は能動位相子である (図3b参照)。位相子21は $3\pi/8 - \epsilon$ で固定されており、位相子11はオン状態における $\pi/8 + \epsilon$ と、オフ状

態における $-\pi/8 - \epsilon$ との間で切替わる。図3aのデバイス同様に、必要とされる回転は $\pi/4 + 2\epsilon$ であり、2つの位相子はオフ状態において互いに直交している。

図3cは90度偏光回転子スイッチの第2の例を示す。同回転子スイッチは2つの液晶可変複屈折位相子を有し、同2つの位相子はゼロ及び半波長の間で同時切替え可能なリターダンスをそれぞれ有する。位相子12は $\pi/8 + \epsilon$ で配向され、位相子22は $3\pi/8 - \epsilon$ で配向されている。等方的状態 (ゼロ配向) は両素子のリターダンスを電気光学的にゼロへ減少させることによって形成される。色消し90度回転はリターダンスが半波長の際に実現される。本発明に使用可能な可変複屈折液晶セルはホモジニアス配向したネマチック液晶と、ネマチック $\pi$ セルと、ホメオトロピック配向したスメクチック液晶セルとを含む。

図3a及び図3bの実施の形態は図3cの実施の形態より幾つかの点で好ましい。2つの能動セルに代えて1つの液晶セルを使用するため、構成は更に簡単である。更に、スメクチック液晶の切替え速度はネマチックより数桁常には速い。設計パラメータに関する以下の説明において、図3a及び図3bに示す1つの実

施の形態は代表的なデバイスとして使用するものであり、設計パラメータは両実施の形態に適用される。

#### 色消しシャッター

図4に示すように、90度回転子を2つの偏光子間に配置した際、色消しシャッターが形成される。回転子スイッチの前方に配置された偏光子30は入力直線偏光を提供する。本実施の形態において、回転子スイッチの後方に配置された偏光子40は入力偏光子に対して直交している。回転子スイッチ・オン状態では、x偏光された入力光線の色消し90度回転はシャッター・オン状態を形成し、同シャッター・オン状態はy配向された出力偏光子を通過する高い透過率を有する。回転子スイッチ・オフ状態では、回転子は等方性を示し、かつ回転を形成しない。従って、x偏光された入力光線は検光偏光子 (Analyzing polarizer) によって

遮断されることにより、シャッター・オフ状態を形成する。

互いに平行に配置された複数の偏光子の場合、回転子スイッチの90度回転オン状態はシャッターのオフ状態を形成する。一般的に、2つの位相子の分散が適切な整合を示す場合、回転子スイッチの等方的状態は90度回転状態より更に高い色消しを実現する。従って、シャッター・オン状態における最大透過率と、シャッター・オフ状態における最大遮断とのうちのいずれを実現するかに基づいて、複数の偏光子を平行にするか、または直交させるかを選択する。

#### 一般回転子 (General Rotator)

本発明の色消し偏光回転子は任意の回転角度 $\beta$ を実現すべく設計可能である。一般回転子のオン状態では、2つの半波長位相子は、

$$\alpha_1 = \beta / 4 + \epsilon \quad (1)$$

$$\alpha_2 = 3\beta / 4 - \epsilon$$

でそれぞれ配向される。第1の実施の形態では、2つの位相子のうち的一方は回転可能であり、他方は受動的である。オフ状態では、回転可能な位相子を切替えることによって2つの位相子は互いに直交する。第1の位相子が能動的な場合、同第1の位相子を $\alpha_1' = \alpha_2 + \pi / 2$ へ切替える。更に、第2の位相子が能動的

な場合、同第2の位相子を $\alpha_2' = \alpha_1 + \pi/2$ へ切替える。第2の実施の形態では、両位相子は可変位相子であり、同可変位相子は半波長リターダンスをオン状態で有し、ゼロ・リターダンスをオフ状態で有する。

多くの用途において、45度( $\pi/4$ )回転が望ましい。式1に基づき、オン状態では、2つの位相子13, 23は図5aに示すように $\alpha_1 = \pi/16 + \epsilon$ 及び $\alpha_2 = 3\pi/16 - \epsilon$ へそれぞれ配向される。オフ状態では、第1の位相子を $\alpha_1' = -5\pi/16 - \epsilon$ へ切替えるか、または第2の位相子を $\alpha_2' = 9\pi/16 + \epsilon$ へ切替える。これらのいずれの場合においても、光軸の $3\pi/8 + 2\epsilon$ (約70度)回転が必要とされる。スメクチック液晶セルは約50度未満の回転が常には可能である。本発明の態様は、回転子の機能を変更することなく差 $\alpha_1$

及び $\alpha_2$ を $\pi/2$ (それぞれ $\pi/4$ の変化)の倍数だけ増大可能であるという理解に基づく。 $\pi/2$ の奇数倍では、 $\epsilon$ の符号が変化する。従って、更に一般的な回転子を定義する式は、

$$\alpha_1 = \beta/4 + (-1)^n \epsilon - n\pi/4$$

$$\alpha_2 = 3\beta/4 - (-1)^n \epsilon + n\pi/4$$

であり、 $n$ は非負の整数である。オフ状態では、2つの位相子のうちのいずれが能動位相子であるかに基づいて、

$$\alpha_2' = \alpha_1 + \pi/2$$

$$\text{または } \alpha_1' = \alpha_2 + \pi/2$$

となる。

$\beta = 45$ 度であって、かつ $n = 1$ の際、オン状態では、2つの位相子14, 24は図5bに示すように $\alpha_1 = -3\pi/16 - \epsilon$ 及び $\alpha_2 = 7\pi/16 + \epsilon$ へそれぞれ配向される。オフ状態では、第1の位相子を $\alpha_1' = -\pi/16 + \epsilon$ へ切替えるか、または第2の位相子を $\alpha_2' = 5\pi/16 - \epsilon$ へ切替える。これらはいずれも光軸の $\pi/8 + 2\epsilon$ 回転を必要とする。オフ状態における2つの光軸の同一配向は互いに相反する方向へ $7\pi/8 - 2\epsilon$ だけ回転させることによって実現できる。 $n$ 及び回転方向の選択は任意の液晶材料のチルト角に依存し得る。

設計最適化

以下の分析では、光学フィールドを2波長板90度回転子スイッチ (Two-wave plate 90-degree rotator switch) を通じて透過するジョーンズ行列を形成する。次いで、特定のオン状態コンフィギュレーション及びオフ状態コンフィギュレーションを一般式に基づいて評価する。設計式を形成した後、CSLC及びポリマー材料を使用するシャッターの特定の例を分析する。この方法に基づいて他の回転角度を分析可能である。

一般的に、コンプレックス・カルテシアン・フィールド振幅 (Complex cartesian field amplitudes) を2波長板ストラクチャーを介して伝搬するジョーンズ行列

は、

$$W' = W(\Gamma_2, \alpha_2) W(\Gamma_1, \alpha_1)$$

によって与えられ、 $W(\gamma, \theta)$  はリターデーション $\gamma$ 及び配向 $\theta$ を有する直線位相子に対する一般ジョーンズ行列、即ち、

$$W(\gamma, \theta) = \begin{pmatrix} \cos \gamma / 2 - i \cos 2\theta \sin \gamma / 2 & -i \sin 2\theta \sin \gamma / 2 \\ -i \sin 2\theta \sin \gamma / 2 & \cos \gamma / 2 + i \cos 2\theta \sin \gamma / 2 \end{pmatrix}$$

である。

オン状態では、入射する平面偏光された広帯域光線は直交直線状態へ理想的に回転される。オン状態の分析は2つの位相子が共通の中心波長を有する同一材料から形成されていることを仮定することによって単純化されている。この条件の下で、リターデーションは、

$$\Gamma_1 = \Gamma_2 = \pi + \delta$$

で表現可能であり、 $\delta$ は理想的半波長リターダンスからの波長に依存する離脱である。

2つの設計パラメータは回転子を形成する際に重要であり、同2つの設計パラメータは回転角度を主に決定する2つの位相子配向の間の差角、即ち $(\alpha_2 - \alpha_1)$ と、ストラクチャーの色度に大きな影響を及ぼす二等分線の配向、即ち $(\alpha_2 + \alpha_1) / 2$ とである。

ポアンカレ球透過の分析から明らかな理由に基づき、対称配置が $\pi / 4$ で配向



された二等分線によって選択される、即ち、

$$\alpha_1 = \alpha, \quad \alpha_2 = \pi/2 - \alpha$$

である。2つのジョーンズ行列を乗算することによってオン状態行列、即ち、

$$W = \begin{pmatrix} a & |b|e^{i\phi} \\ -|b|e^{-i\phi} & a \end{pmatrix} \quad (2)$$

が形成され、同行列において、

$$\begin{aligned} a &= \sin^2(\delta/2) + \cos(4\alpha)\cos^2(\delta/2), \\ b &= \sin(4\alpha)\cos^2(\delta/2) + i\sin\delta\sin(2\alpha), \end{aligned}$$

であり、さらに

$$\phi = \tan^{-1}[\sec(2\alpha)\tan(\delta/2)]$$

である。設計波長では、ジョーンズ行列は純粋な回転子であり、偏光回転は複数の光軸の間の角度の2倍の大きさである。これは $\delta = 0$ を前記の行列へ代入することによって立証できる。

90度偏光回転の場合、 $\alpha = (\pi/8 + \epsilon)$ であり、

$$\alpha_1 = \pi/8 + \epsilon, \quad \alpha_2 = 3\pi/8 - \epsilon$$

となり、 $\epsilon$ は決定する小角である。この角度はポアンカレ球上における各波長板による変換をそれぞれ示す複数の円弧が重なる範囲を決定する。複数の円弧が交わる2つの波長において、完全な90度回転子として機能する回転子を形成し得ることを数学的に示す。

図6は複数の簡単な色消しシャッター・オン状態の透過関数の比較を示す。従来のCSLCシャッター（図1参照）は半波長リターダンスからのずれにおけるセカンド・オーダーであるオン状態透過率、即ち

$$T_{ON}(\delta) = 1 - \sin^2(\delta/2) \quad (3)$$

を提供する。式3の透過関数は図6Aにおいてグラフ化されている。この手法を使用することによって、高いコントラストを実現でき、これはオン状態での透過が実質的な色消しであるにもかかわらず実現される。後者は平行偏光子コンフィギュレーションでのハイ・コントラスト・ニュートラル・オフ状態を防止する。



更に、開口上におけるLCフィルムの小さな厚さのバリエーションは視認可能な複屈折カラー・バリエーションを招来する。

この作用は式2のジョーンズ行列を使用する色消し回転子ストラクチャーの作用と直接比較できる。直交偏光子シャッターの透過強度はオフ・ダイアゴナル成分 (Off-diagonal component)、即ち、 $T(\delta, \epsilon) = |b|^2$  によって与えられる。これは均一な振幅を有するx偏光された入力光線と、y配向された理想的な偏光子 (y軸に沿った均一な透過率及び無限コントラスト) を仮定している。透過関数は一般式、即ち、

$$T_{on}(\delta, \epsilon) = 1 - [\sin^2(\delta/2) - \cos^2(\delta/2)\sin(4\epsilon)]^2 \quad (4)$$

へ簡約される。

コエスターは $\epsilon = 0$ の回転子を非色消しと見なしたが、本発明の装置が1つの位相子を使用する従来の手法と比べて大きな改善を実現している点に注目する必要がある。 $\epsilon = 0$ を式4へ代入することにより、互いに直交する複数の偏光子の間の強度透過率、即ち、

$$T(\delta, 0) = 1 - \sin^4(\delta/2)$$

が与えられる。

$\epsilon = 0$ の場合の透過関数は図6Bにプロットされている。この回転子は直交直線状態を1つの波長においてのみ完全に透過し得る点で、 $\pi/4$ 配向された1つの位相子に類似している。しかし、大きな色消し補償は回転子の対称配置によって達成され、これは1つの位相子では実現できない。即ち、偏光の再配向が2倍になるにもかかわらず、1つの位相子によって特定の波長で形成された楕円偏光は第2の位相子によって大幅に補償される。 $\delta$ に対するフォース・オーダー・ディペンデンス (Fourth-order dependence) から明らかなように、これは1つの位相子より更に広い動作帯域を実現する。

更に広い動作帯域は非ゼロ値を $\epsilon$ として選択することによって達成され、これはチルト角の要件を増加する。式4の一般透過式に基づき、90度偏光回転の2つの波長に対応する以下の条件、即ち、

$$\sin(4\epsilon) = \tan^2(\delta/2)$$

における完全透過が実現される。この関係を式2のジョーンズ行列へ代入することによって、 $2\phi$ の直線リターダンスとは別に、行列が90度回転子の行列である点が明らかになる。x配向された光線を入力し、かつy配向された光線を透過する色消しシャッターの場合、透過率は2つの波長において原理的に100%である。更に一般的な入力では、偏光状態はリターデーション $2\phi$ によって変更される。

更に広い色消し帯域幅に関する性能面での犠牲としては、位相子の設計波長に

おける透過率減少 (Transmission dip) が挙げられる。これは $\epsilon$ の値の増大が設計波長における回転効率の減少を意味することに起因する。設計波長を透過関数へ代入することによって、

$$T_{0N}(0, \epsilon) = \cos^2(4\epsilon)$$

で表される設計波長における透過損が与えられる。

対象帯域における位相子材料の分散と、半波長中心波長の選択とに基づき、 $\epsilon$ の選択は動作帯域幅と、設計波長における回転効率の維持との間の妥協を意味する。

$\epsilon = 2.5$ 度における透過関数は図6Cにプロットされている。プロットは複数の完全透過波長の明らかな分離と、設計波長における透過損とを示す。

小角 $\epsilon$ の選択を最適化すべく、分散材料を使用する回転子スイッチの例を以下に詳述する。小角の概算において、色消し条件はほぼ $\epsilon = (\delta/4)^2$ である。これは複屈折分散に関するウー・モデル (Wu's model) (Phys. Rev. A33, 1270 [1986]に開示) へ代入可能であり、これによって色消し波長 $\lambda_{R,B}$ の関数としての補正角、即ち、

$$\epsilon = \left[ \frac{\pi}{4} \frac{(\lambda_{R,B}\lambda_0 + \lambda^{*2})(\lambda_0 - \lambda_{R,B})}{\lambda_0(\lambda_{R,B}^2 - \lambda^{*2})} \right]^2 \quad (5)$$

が与えられ、前記の $\lambda^*$ は材料の平均UV共鳴波長であり、 $\lambda_0$ は半波長設計波長である。ZLI-3654 (イーメルク) 等のスメクチックC\*材料は室温で25度のチルト角を有し、これは $\epsilon = 2.5$ 度の値を可能にする。式5を使用することにより、これは $\lambda_B = 435 \text{ nm}$ 及び $\lambda_R = 615 \text{ nm}$  (179 nmのスペク

トル分離を有する)における理想的な効率を実現する。 $\epsilon$ の好ましい最大値は $\lambda_0$ 及び $\lambda_R$ を回転子の所望動作範囲のエッジにおいて提供する角度である。2つの透過率最大値が動作範囲の更に内側に属することが好ましく、これによって動作範囲全体にわたる透過率が最大となる。常には、 $0 \leq \epsilon \leq 5$ 度である。

適切な材料の選択において、CSLC材料の分散と、最適なオフ状態性能を実現する2つの材料の分散整合の大きさを考慮する必要がある。デバイスのオフ

状態は2つの半波長位相子を互いに直交させた際に形成され、図3aに示すように、

$$\alpha_1 = \pi / 8 + \epsilon, \quad \alpha_2 = 5\pi / 8 + \epsilon$$

が与えられる。他の損失の源を無視し、かつ同一の半波長中心波長を有する互いに直交した複数の位相子を仮定した場合、オフ状態のジョーンズ行列は配向 $\alpha = (5\pi / 8 + \epsilon)$ 及びリターデーション $\Delta = (\delta_2 - \delta_1)$ を有する直線位相子として容易に説明できる。複数の位相子の分散が互いに整合している場合、オフ状態は理想的状態になる。実際には、コントラストはLCの厚さの空間的バリエーションと、能動フィルム及び受動フィルムの間の分散整合の欠如とによって減少する。

回転子を互いに異なる複屈折分散を有する複数の材料から形成した場合、即ち、複数の材料の中心波長が等しくない場合、残留リターダンスはコントラストを減少させる。互いに異なる特性と、同一の半波長中心波長とをそれぞれ有するCSLCフィルム及び受動フィルムからなるシャッター・デバイスを以下に詳述する。各材料が特定の共鳴波長を有する場合における複屈折に関するウー・モデルを使用した場合、リターダンスは、

$$\Delta = \pi \frac{\lambda}{\lambda_0} \left[ \frac{(\lambda^2 - \lambda_0^2)(\lambda_2^{*2} - \lambda_1^{*2})}{(\lambda^2 - \lambda_1^{*2})(\lambda^2 - \lambda_2^{*2})} \right]$$

によって与えられ、 $\lambda_1^*$ 及び $\lambda_2^*$ は2つの材料の平均UV共鳴波長をそれぞれ示す。シャッターのオフ状態に対して提供された配向に基づき、ジョーンズ行列は互いに直交する複数の偏光子の間のストラクチャーの強度透過率、即ち

$$T_{OFF} = 1/2 [1 + \sin(4\epsilon)] \sin^2(\Delta/2)$$

を提供する。この式は2つの位相子間の分散整合に対する基準を提供する。

#### 例1

可視光線帯域シャッターのデザインについて以下に詳述する。同可視光線帯域シャッターは色消し回転子スイッチを互いに直交する複数の偏光子間に使用し、

かつ以下の性能仕様及び材料特性を有する。

液晶： $\lambda^* = 243 \text{ nm}$

受動位相子： $\lambda^* = 186 \text{ nm}$ を有するニットーNRFポリカーボネート

設計波長： $\lambda_0 = 500 \text{ nm}$

スペクトル範囲： $430 \sim 680 \text{ nm}$ において97%を越す透過率

コントラスト比： $100:1$  最小

前記の分析内容を使用することにより、配向を65度(オン)及び115度(オフ)の間で変調するCSLCが適切といえる。受動位相子フィルム(受動位相差フィルム)は入力偏光子に対して25度で配向されている。図7及び図8は前記の数値に基づくコンピュータ・モデリングによって形成されたオン状態及びオフ状態をそれぞれ示す。

$\epsilon$  (2.5度)の前記の選択を使用した場合、透過率減少は設計波長において3%である。色消し帯域幅は透過率における3%損失に対応する極値の青/赤波長によって定義される。図7に示すように、これは415 nmと、700 nmを越す波長とにおいてそれぞれ発生し、これは285 nmを越す大きさの色消し帯域幅に対応している。比較を目的として、500 nmに中心を有する従来のCSLCシャッターは70 nm (469 ~ 539 nmの範囲)の97%帯域幅を有する。簡単なCSLCシャッターと比べて、これは色消し帯域幅を4倍以上増大させる。

図8は算出されたオフ状態透過率を示す。この結果はコントラストが177 nm (455 ~ 632 nmの範囲)にわたって500:1を越す値に維持され、262 nmを越す範囲(438 nmから700 nmを越す範囲)にわたって200:1を越す値に維持されたことを示す。設計波長より長い波長では、コントラストは緩やかに低下する。しかし、波長に対する感度の顕著な増大及び分散に起因し

て、コントラストの急激な低下は極値の青波長において発生する。例えば、38 nm (438~400 nmの範囲) において、コントラストは200:1から36:1へ低下した。これは設計波長を減少させることによって必要に応じて多少補償できる。

コンピュータ・モデリングに基づいて予測された性能を確認すべく、色消しシッターを実験によって検証した。CSLCデバイスはイーメルクから販売されているZLI-3654材料を使用して形成した。ITO (インジウム・スズ酸化物) で被覆した44 milの厚さの基板をナイロン6/6でスピン・コーティングし、さらに焼き鈍し後に一方向へラビング処理した。1.9ミクロンの直径を有する複数のガラス・スペーサを一方の基板の表面全体にわたって均一に散布し、かつ紫外線硬化性接着剤を他方の基板の内面上に印刷した。均一な圧力を加え、次いで紫外線硬化処理を施すことによって、複数の基板の間に間隙を形成した。CSLC材料を真空下において等方相内で毛細管現象を利用して注入し、次いでC\*相へ徐冷した。冷却後、複数の導線をITOに取着し、デバイスを端封した。CSLCセルは約500 nmにおいて半波長リターダンスを有していた。

準平行光線をオリエル石英ハロゲン・ランプ (Oriel quartz halogen lamp) から照射し、次いで透過光線をアンドウ・スペクトル・アナライザー・システムを使用して分析することによって、ストラクチャーを検査した。平面偏光された広帯域入力光線を入射させ、かつ出力を分析すべく平行グラントムソン偏光子を使用した。前記のインストルメントを用いることによって、偏光子を挿入した状態でソースを最初に分析し、次いで格納した。スイッチを複数の偏光子間へ挿入し、さらにハイ・コントラストが得られるまで1 Hz 変調中に機械的に回転した。出力はデバイスの特徴と、2つのフレネル面及び2つのITOフィルムによる損失とを示す。

色消し回転子への組立前に、図2に示す理論上の結果を検証すべく液晶デバイスを使用した。互いに平行に配置された複数の偏光子間において、デバイスをオン状態及びオフ状態の間で切替えた。分子ディレクターの配向におけるDCドリフトを防止すべく、デバイスをスペクトルの走査中に5ボルト1 Hzの矩形波で



駆動した。複数の偏光子は互いに平行に配置されているため、スペクトルは図2に対して反転されており、かつ図9 aに示すように色消しを実現するオフ状態に

ある。デバイスは1つの波長における半波長位相子であるため、ハイ・コントラスト・ヌルが500 nmで確認され、大きな漏れが他の可視光線波長において確認された。

次いで、CSLCデバイスを色消し回転子へ組立てた。互いに直交して配置された複数の偏光子と、蛍光バックライトとを有するライト・ボックス内へデバイスを配置した。5ボルト振幅信号を使用することによって、デバイスを20 Hzで矩形波によって変調し、かつゼロ・フリッカーが認められるまで回転させた。これは偏光子に関する分子ディレクターの対称切替えに対応している。次いで、この配向でデバイスを固定し、かつ変調速度を1 Hz未満へ減少させた。ニッターから販売されている接着剤を裏面に有するNRFポリカーボネート位相子（位相差板）（500 nmでの半波長）をデバイス上へ配置し、かつ同位相子を回転させながら出力を測定した。複数の位相子を互いに直交させた際、ハイ・コントラスト・ニュートラル・ヌルが検出された。他方の極性はニュートラル・オン状態を形成した。アナライザーを平行偏光子コンフィギュレーションへ変化させることによって、他方の状態の中立性及びコントラストが検出された。理想的には、90度回転状態はハイ・コントラスト・ヌルを互いに平行に配置した複数の偏光子間に形成する。両方の状態が要件を充足した際、CSLC基板をIPAで洗浄し、かつ位相子を取付けた。これは気泡の封入を防止すべく一方の端縁からフィルムをローラーで機械的に押圧することによって実現された。この工程の後、前記の診断セットアップを使用してデバイスの分析を行った。

図9 b及び図10は色消し回転子の平行偏光子透過率を示す。回転子スイッチが90度回転子である際、平行偏光子を使用することによってシャッターのオフ状態が実現される。オン状態は直交位相子等方コンフィギュレーション (Crossed retarder isotropic configuration) に対応している。オフ状態は図7に示す（反転）モデルの結果とよく整合している。図9 bは設計分析において予測された2つのヌル波長と、設計波長における漏れとを示している。2つのヌルは図9



aに示す1つの位相子を使用する変調器より優れた性能を実現する。設計波長及び動

作帯域エッジにおける漏れは3%であり、これは性能を全可視光線スペクトルにわたって改善する。更に狭い動作帯域の場合、更に小さな $\epsilon$ を使用可能であり、これは更に高い性能を実現する。常には $\epsilon \leq 3$ 度であり、非常に狭い動作帯域では、 $\epsilon = 0$ である。図10は複数の平行偏光子間に位置するデバイスのオン状態及びオフ状態を示す。複数の位相子は互いに直交して配置されているため、オン状態の高い透過率を期待できる。オン状態における透過率の変調と、青における損失の増大とは、ITOフィルム吸収のファブリー・ペロー・エンハンスメント (Fabry-Perot enhancement) に起因する。

## 例2

CSLC分散の大幅な減少を招来する更に長い中心波長での色消しシャッターの使用により、多数の動作帯域が可能である。例えば、600nmに中心を有するシャッターにおける算出された97%透過率帯域幅は約400nm (480~880nmの範囲) である。その一方、簡単なCSLCシャッターの97%透過率帯域幅は僅か150nm (540~690nmの範囲) である。730nmの設計波長を有する長波長色消し回転子は例1に開示したものと同様に形成した。図11及び図12は互いに平行に配置した複数の偏光子間に配置した色消し回転子の検出された透過率をそれぞれ示す。600~850nm帯域における高い平行偏光子効率を実現すべく、シャッターを最適化した。図12は1%未満の漏れを同帯域全体にわたって示した。

## デバイス・アプリケーション

本発明の色消しシャッターはCCDカメラと、目保護装置 (Eye protection systems) と、ヴァーチャル・リアリティ・システムのガラスと、フィールド順次式ディスプレイ内の三色シャッター (Three-color shutters) と、ビーム・ステアラー (Beamsteerers) と、回折光学 (Diffractive optics) と、LCフラット・パネル・ディスプレイの輝度の増大とに代表されるアプリケーション

ンに使用可能である。

偏光スプリッターとともに色消し回転子はスイッチ及び偏光独立スイッチ (Polarization independent switches) に使用可能である。図13に示す偏光スプリッター41を有する回転子スイッチを使用した場合、印加する電場の極性を選択することによって、広帯域光線は2つのポートのうちのいずれか一方から出射する。図13は複数の素子の縦断面を矩形ボックスでそれぞれ示す。複屈折素子のリターダンス及び配向はボックスの上部及び下部にそれぞれ示す。複数の素子を2つ以上の配向間で回転できる場合、両配向はボックス内にコンマで区切って示す。回転子の中立性に起因して、直交偏光子出力が明るい(暗い)状態を形成する際、平行偏光子の出力は暗い(明るい)状態を形成する。更に、パターン化された電極を有さないデバイスを使用することによって、隣接する複数のピクセルのオン状態及びオフ状態間の変調を実施すべく、パターン化された偏光子 (Patterned polarizer) を使用可能である。

多数のディスプレイ・アプリケーションにおいて、色消しシャッターを図14に示す透過モードでマルチプル・ピクセル・アレイに使用可能である。図14において、CSLCセルは2つの基板50, 60間に形成されている。電圧は透明電極70及びピクセル化された透明電極 (Pixelated transparent electrode) 80を介して印加される。ピクセル化された電極は複数のピクセルを個々に活性化できる。本実施の形態において、2つの偏光子30, 40は互いに直交している。アレイはバックライト・アッセンブリによって照射され、同バックライト・アッセンブリはレンズによるコリメーションが可能である。ディスプレイを透過率について観察した。

当該技術分野において知られている多数のデバイスは本発明の色消し回転子を使用することによって改善可能である。1つの位相子を本発明の色消し回転子スイッチと置換するための基準としては、同1つの位相子が半波長板であるか、または偏光回転子(例:ツイスト・ネマチック・セル)として機能する必要がある。更に、同1つの位相子は入力偏光が直線偏光となり、かつ既知の配向を示すデバイス

イス内の位置に配置されていることを要する。

本発明の色消し回転子スイッチは広帯域光線のデジタル切替えを既知の入力偏光配向及び出力偏光配向の間で必要とするアプリケーションに特に適する。従って、同色消し回転子スイッチは同スイッチを直線偏光子に隣接して有するデバイス内での使用に特に適する。シャッター・アプリケーションにおける色消し可変位相子と機能的には同じであるが、回転子は可変位相子と置換可能にする必要はない。例えば、入力偏光状態が不定である場合、回転子スイッチは複数の受動位相差板の間の色消しスイッチとして適切に機能しないことがあり得る。

回転子スイッチの色消しは可視光線スペクトル全体にわたるスループット及びカラー・コントラスト（同カラー・コントラストは彩度を決定する）を増大し得るため、同色消しはカラー・フィルタリング・デバイスに特に効果的である。米国特許第5, 132, 826号、第5, 243, 455号及び第5, 231, 521号に開示されている偏光干渉フィルタでは、好ましくは45度でそれぞれ配向された回転可能なスメクチック液晶位相子及び受動複屈折素子が一对の偏光子間に配置されている。米国特許第5, 528, 393号のスプリット素子偏光干渉フィルタでは、0度または90度で配向された中心位相子（Center retarder）と、±45度で配向された一对のスプリット素子位相子とが一对の偏光子間に配置されている。回転可能な液晶位相子はスプリット素子または中心位相子に加えられている。前記の偏光干渉フィルタの回転可能な各液晶位相子は本発明の色消し回転子スイッチと置換可能である。

国際特許出願第PCT/US94/11326号（国際特許出願公開第WO95/10065号）に開示されている液晶左右像スイッチ（Liquid crystal handedness switch）及びカラー・フィルタは本発明の色消し回転子を使用することによって改善可能である。円偏光左右像スイッチ（Circular polarization handedness switch）は直線偏光子と、0度及び45度の間で回転可能な液晶半波長位相子と、45度で配向された1/4波長板とを含む。カラー・フィルタは左右像スイッチをコレステリック円偏光子等の1つ以上のカラー偏光子とともに

使用する。左右像スイッチ発明において詳述されている回転可能な簡単な液晶位

相子を本発明の色消し回転子スイッチと置換可能である。

更に、色消し回転子スイッチは直線偏光スイッチを使用するカラー・シャッターを改善すべく使用可能である。直線偏光スイッチは第1の直線偏光子と、0度及び45度の間で回転可能な半波長位相子とを含む。カラー・シャッターを形成すべく、第2の直線偏光子が直線偏光スイッチに続いて設けられている。第1の直線偏光子及び第2の直線偏光子のうちの少なくともいずれか一方は直線カラー偏光子 (Linear color polarizers) である。直線カラー偏光子は国際特許出願公開第WO95/10065号に開示されている多色直線偏光子、または偏光子位相子スタック (Polarizer retarder stack、略してPRSと称する) カラー偏光子であり得る。多色偏光子フィルムはカラーを一方の偏光軸に沿って透過し、白色光を他方の偏光軸に沿って透過する。異なる色を各軸に沿って透過するカラー偏光子を形成すべく、2つのフィルムを互いに直交させ、かつラミネートし得る。PRSは直線偏光子及び2つ以上の位相子を有する。同PRSでは、加法原色スペクトル (Additive primary color spectrum) を第1の偏光軸に沿って透過し、コンプリメンタリー減法原色スペクトル (Complementary subtractive primary color spectrum) を第1の偏光軸に直交する第2の偏光軸に沿って透過すべく、スタック内の位相子の数量と、同位相子のリターダンス及び配向とが設定されている。PRS技術は1995年5月23日に出願された米国特許出願第08/447522号に開示されており、同米国特許出願第08/447522号の内容は本開示をもって本明細書中に開示したものとする。本発明の回転子スイッチは米国特許出願第08/447522号に開示されている簡単なCSLC偏光スイッチ及び色消し半波長スイッチの代替品として使用し得る。

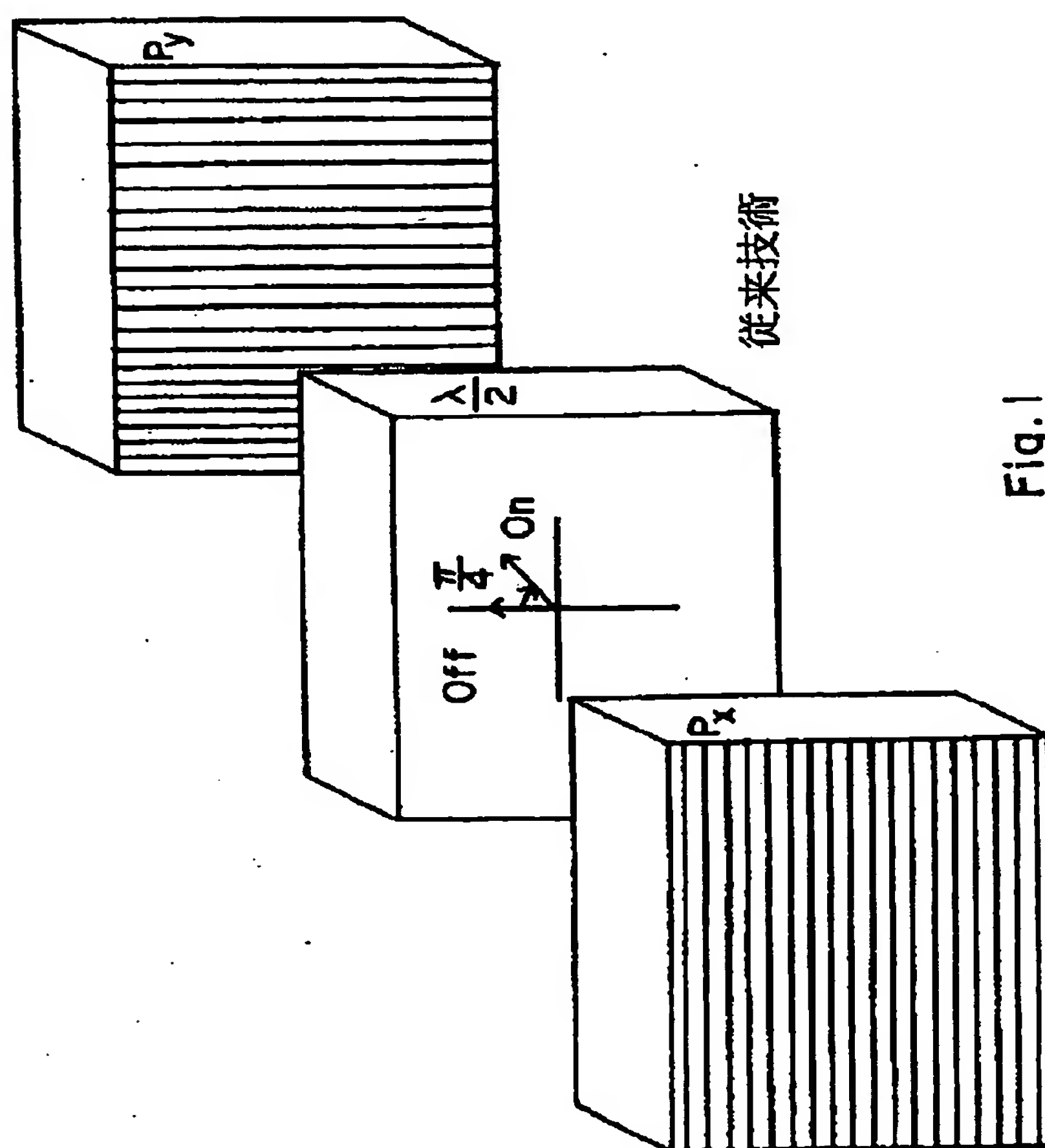
本発明の色消し回転子スイッチはハンドシー他による米国特許第5,347,378号と、ササキによる米国特許第5,089,905号とにそれぞれ開示されているカラー・フィルタに代表される当該技術分野において知られている他のカラー・フィルタを改善すべく使用できる。これらのカラー・フィルタは直線偏光子及び回転可能な液晶位相子を有する。幾つかの実施の形態において、同カラー・フィルタは多色偏光子を有する。他の実施の形態では、同カラー・フィルタ

は第2の直線偏光子及び受動複屈折素子をさらに有する。これらの文献に開示されている回転可能な簡単な液晶位相子は本発明の色消し回転子スイッチと置換可能である。

本発明の回転子スイッチを使用するカラー・フィルタは時間的なマルチプレックスが可能である。この場合、出力カラーは人の眼等の反応速度の遅いディテクターより速い時間スケールで切替えられる。更に、カラー・フィルタは1つを越す数量のステージを有し得る。この場合、ステージは直線偏光子から始まる。

本発明の色消し回転子スイッチ及び色消しシャッターの多数の他のアプリケーションは当業者にとって容易に明らかとなり、かつ本発明の範囲内に含まれる。

【図1】



【図2】

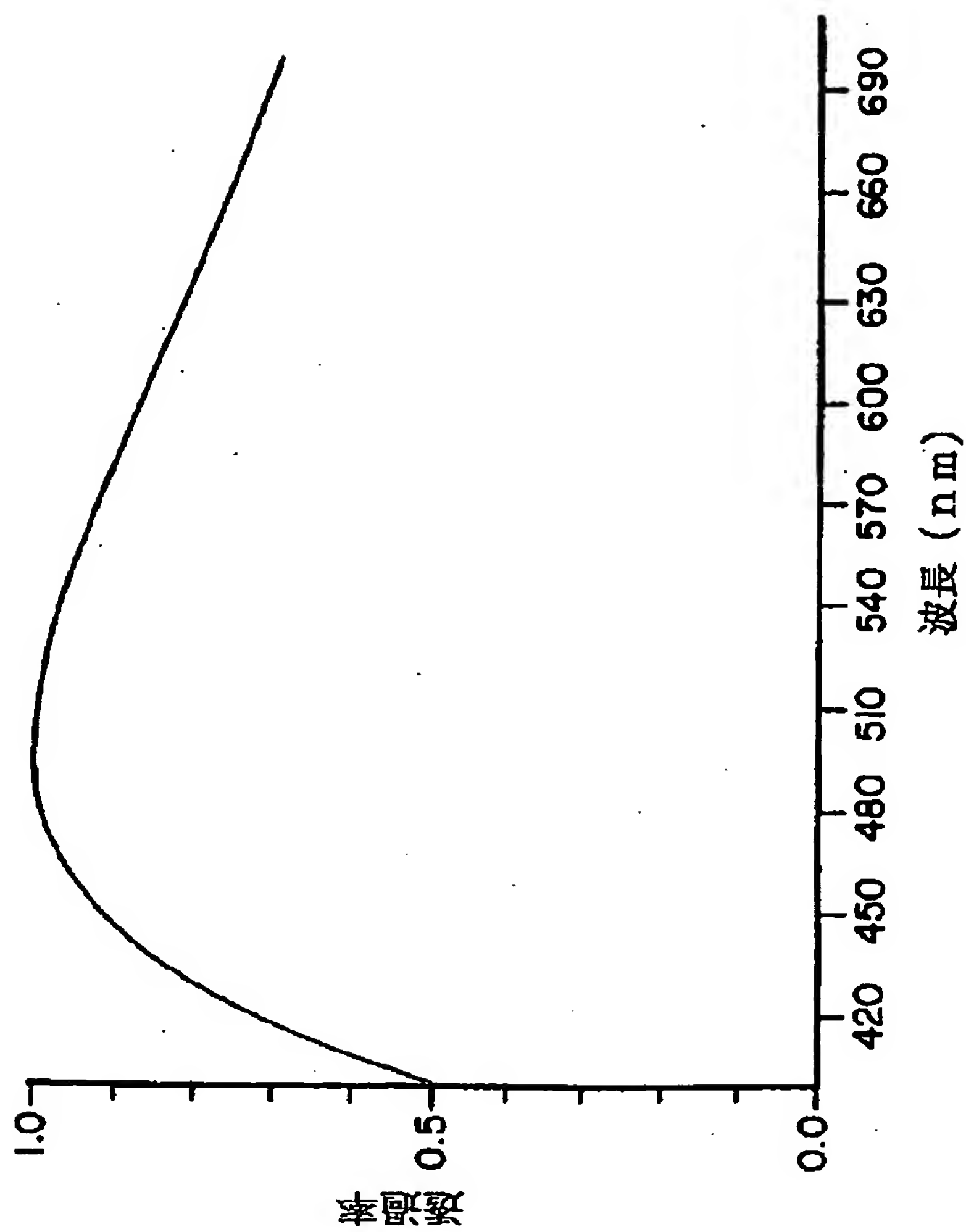


Fig. 2



【図 3 a】

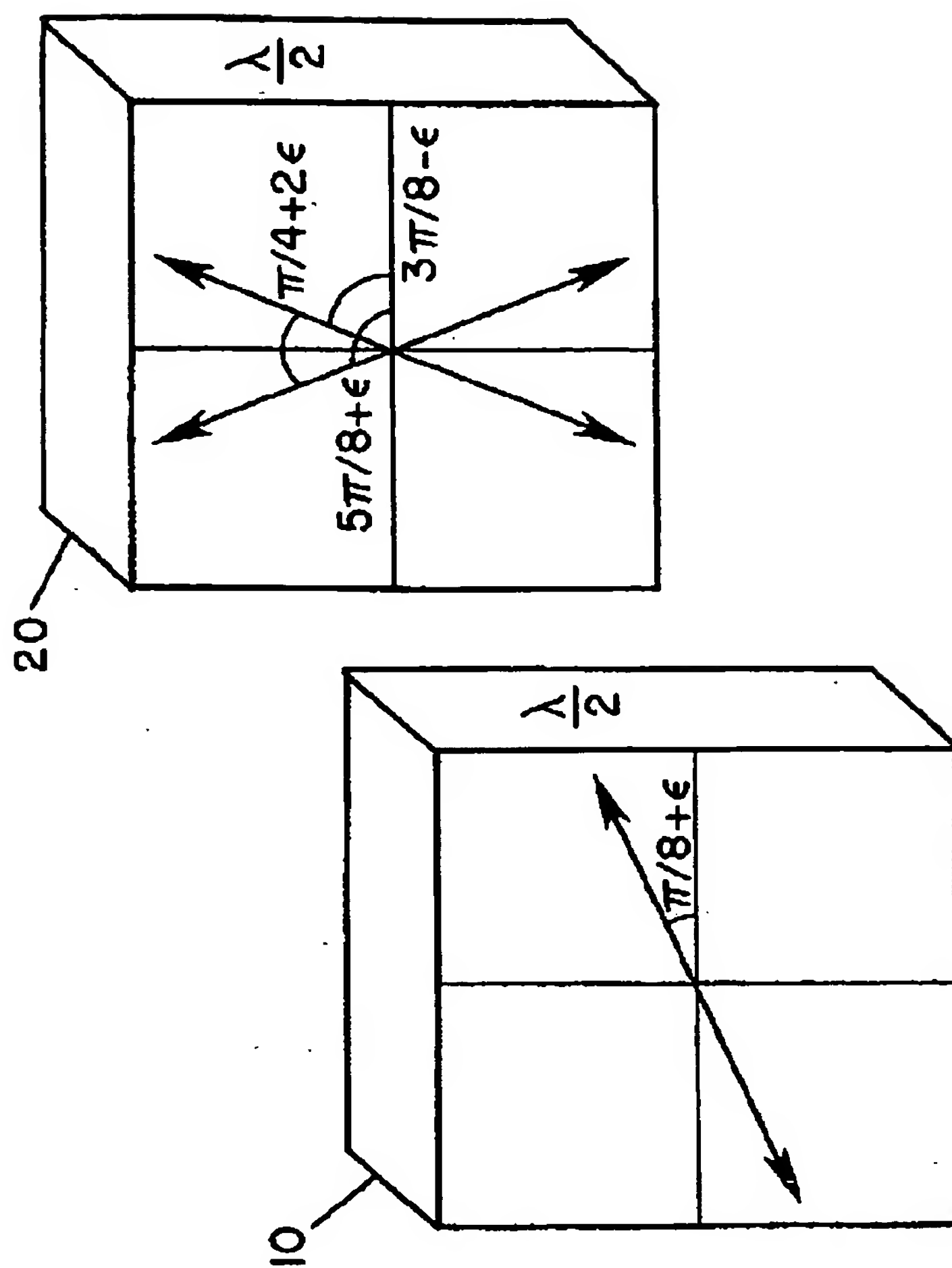
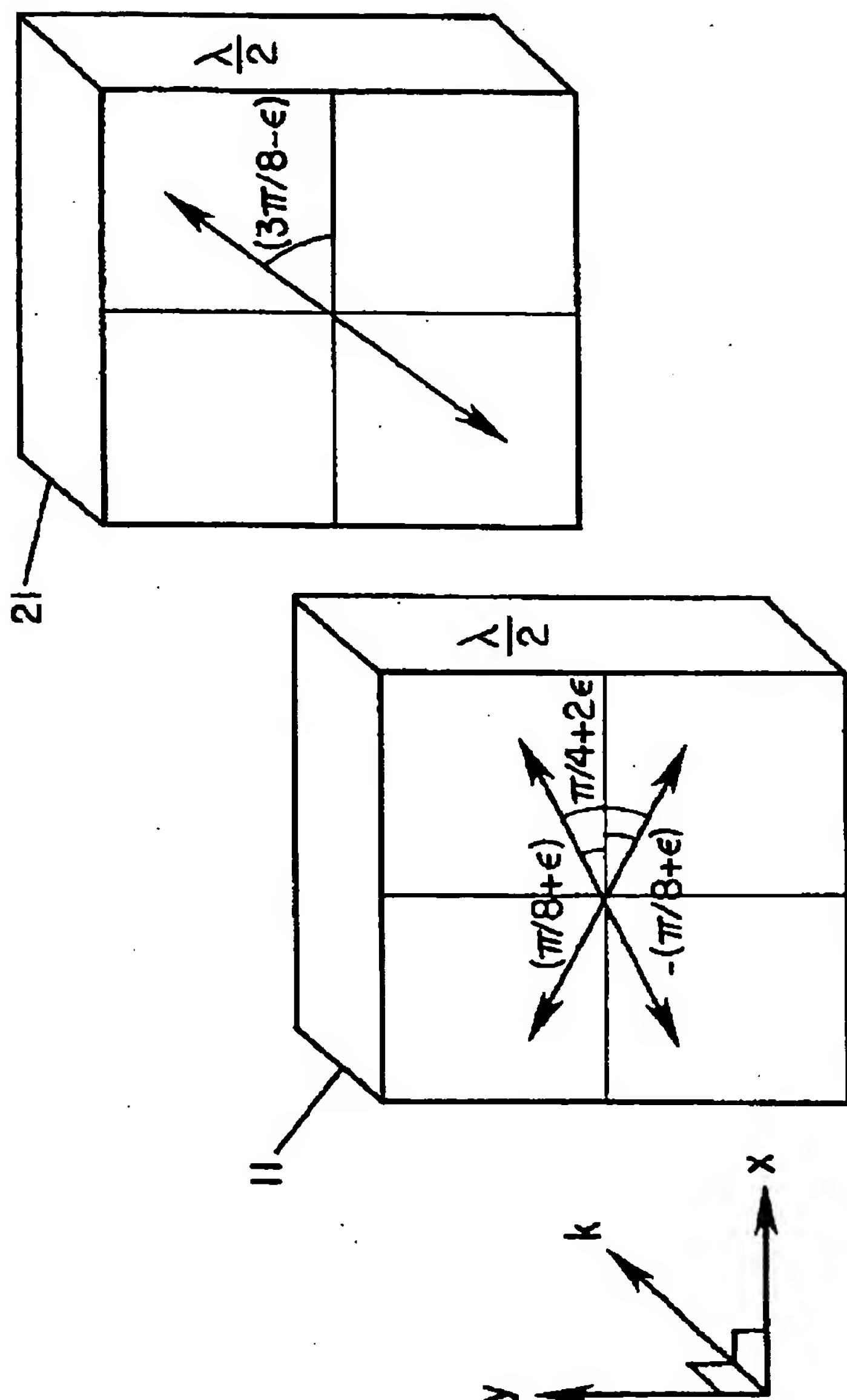


Fig. 3a

【図 3】



**Fig. 3b**

【图3】

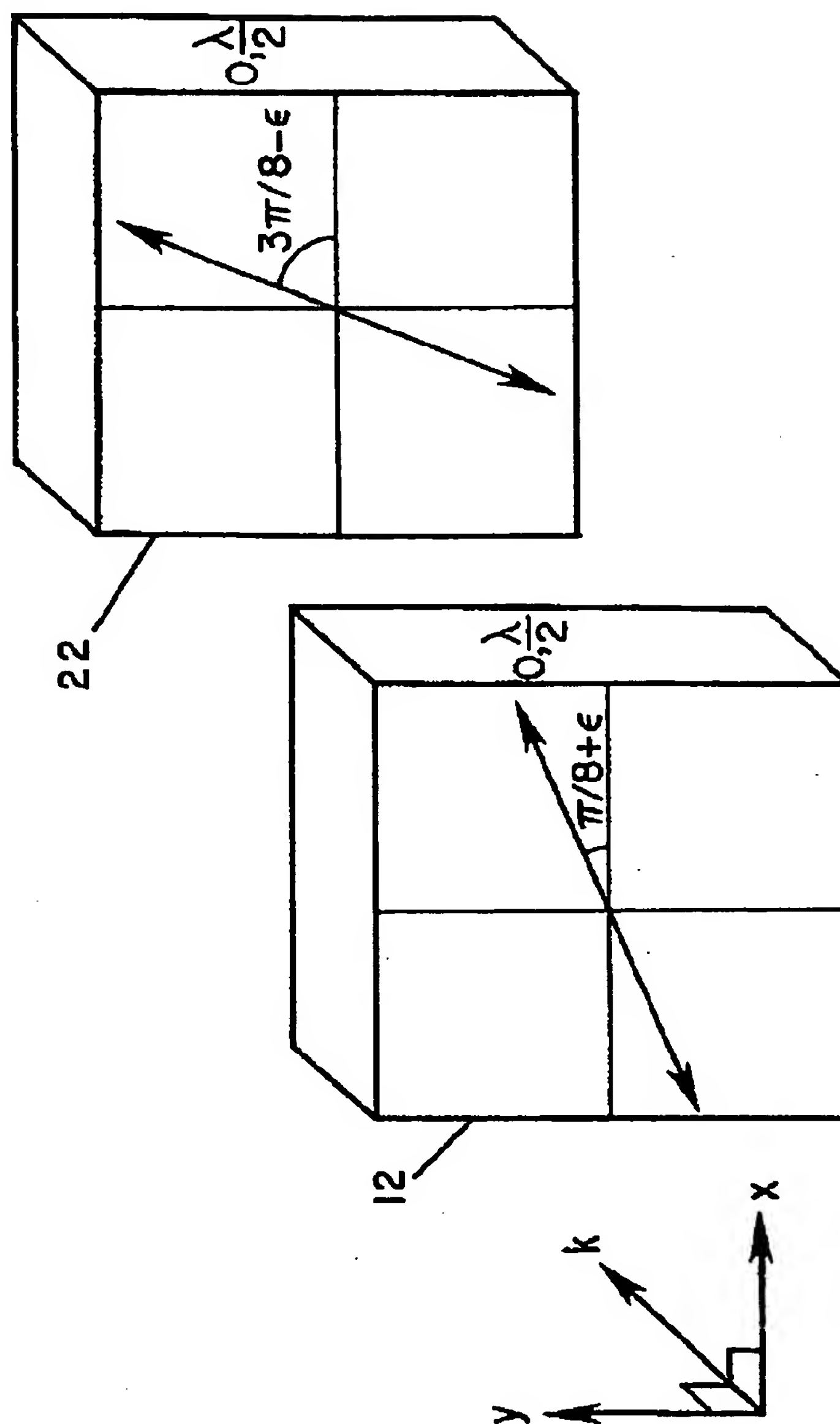


Fig. 3c

【图4】

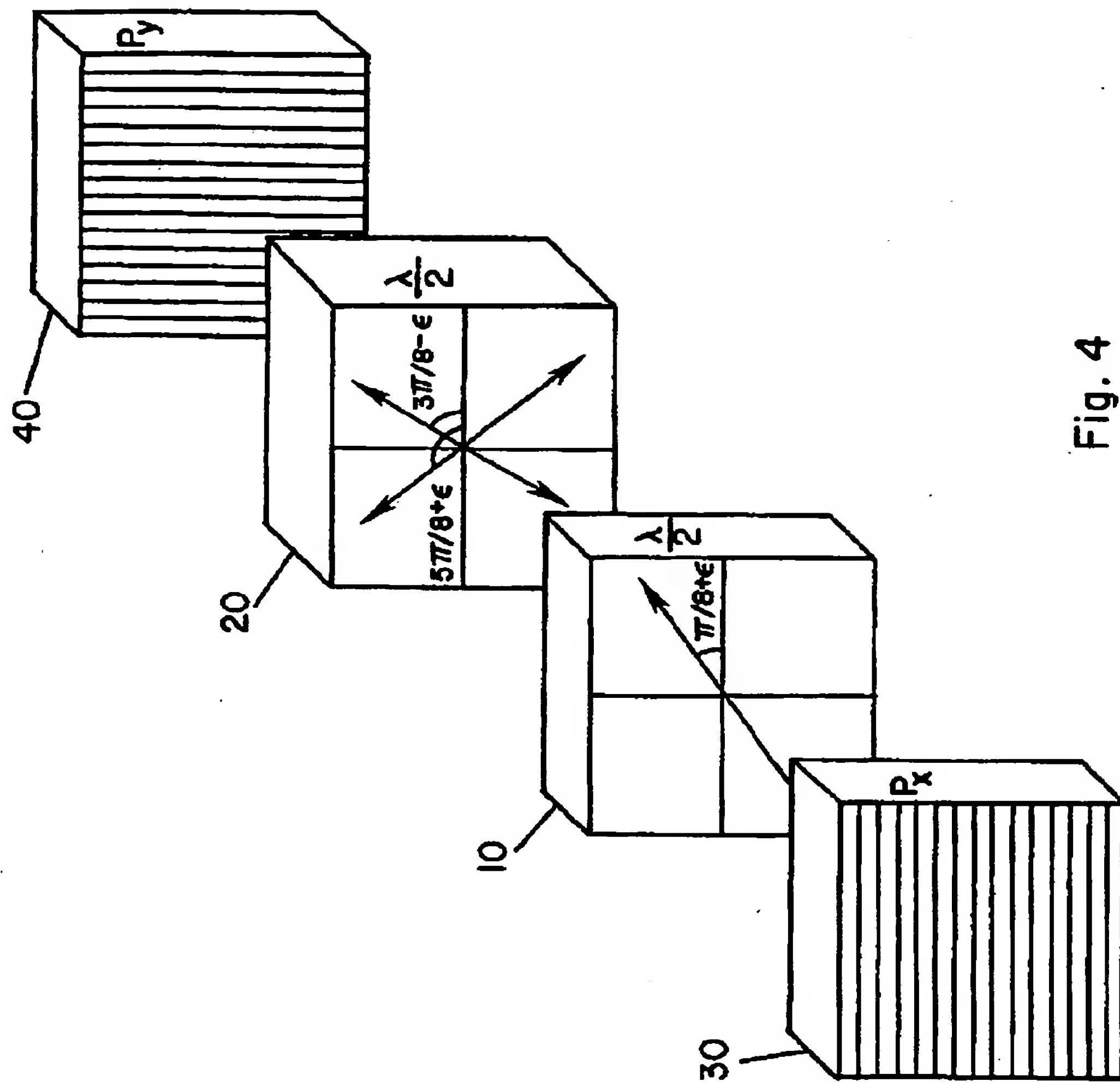


Fig. 4

【図5】

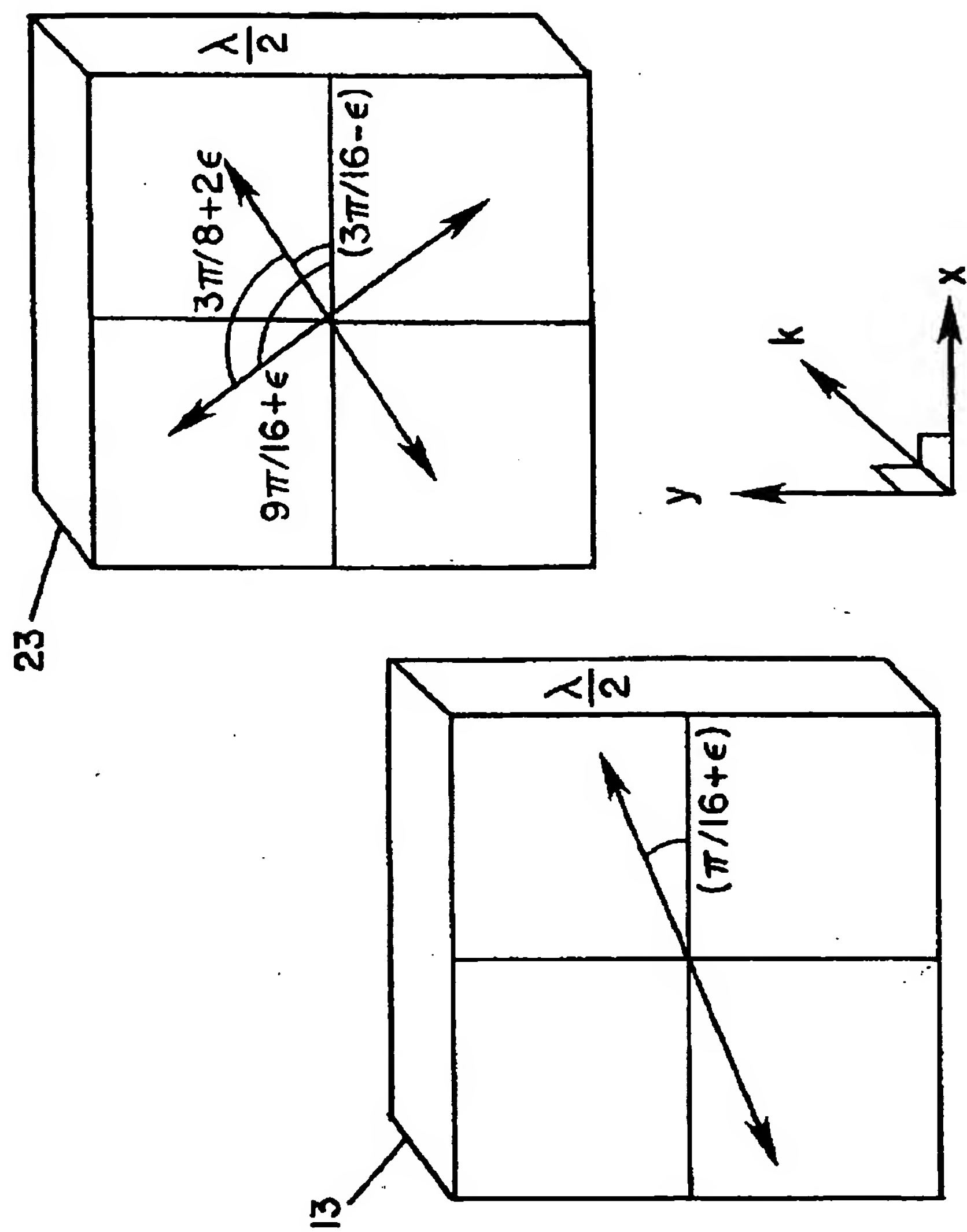


Fig. 5a



【图5】

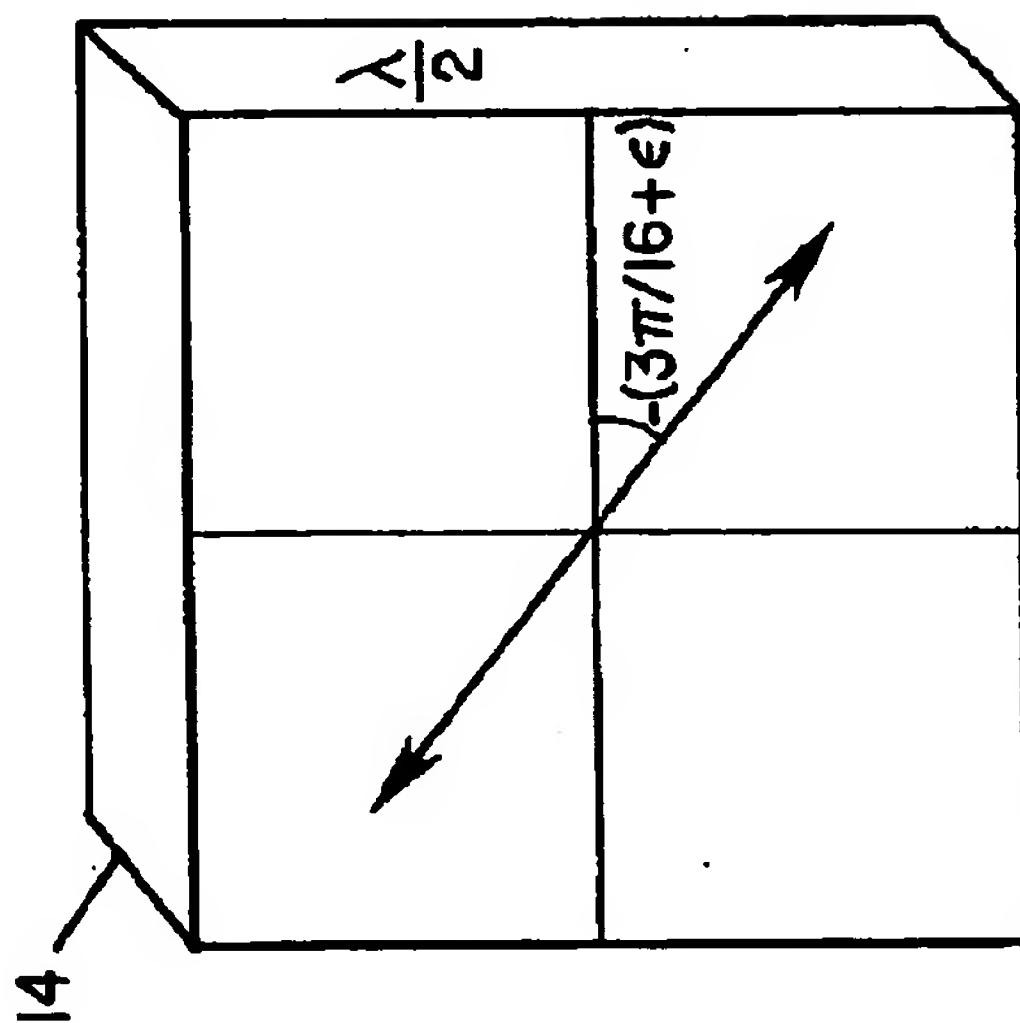
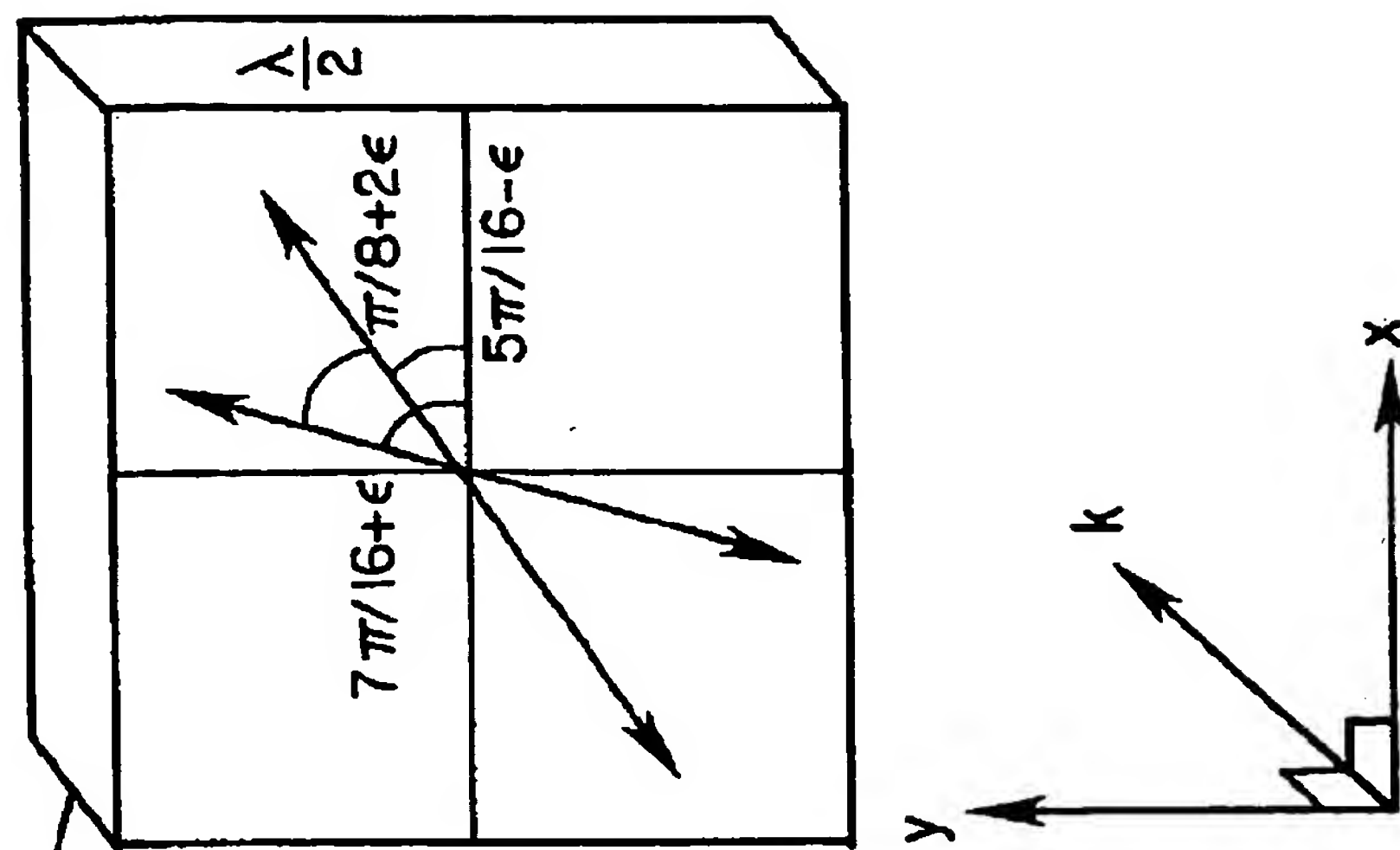


Fig.5b

【図 6】

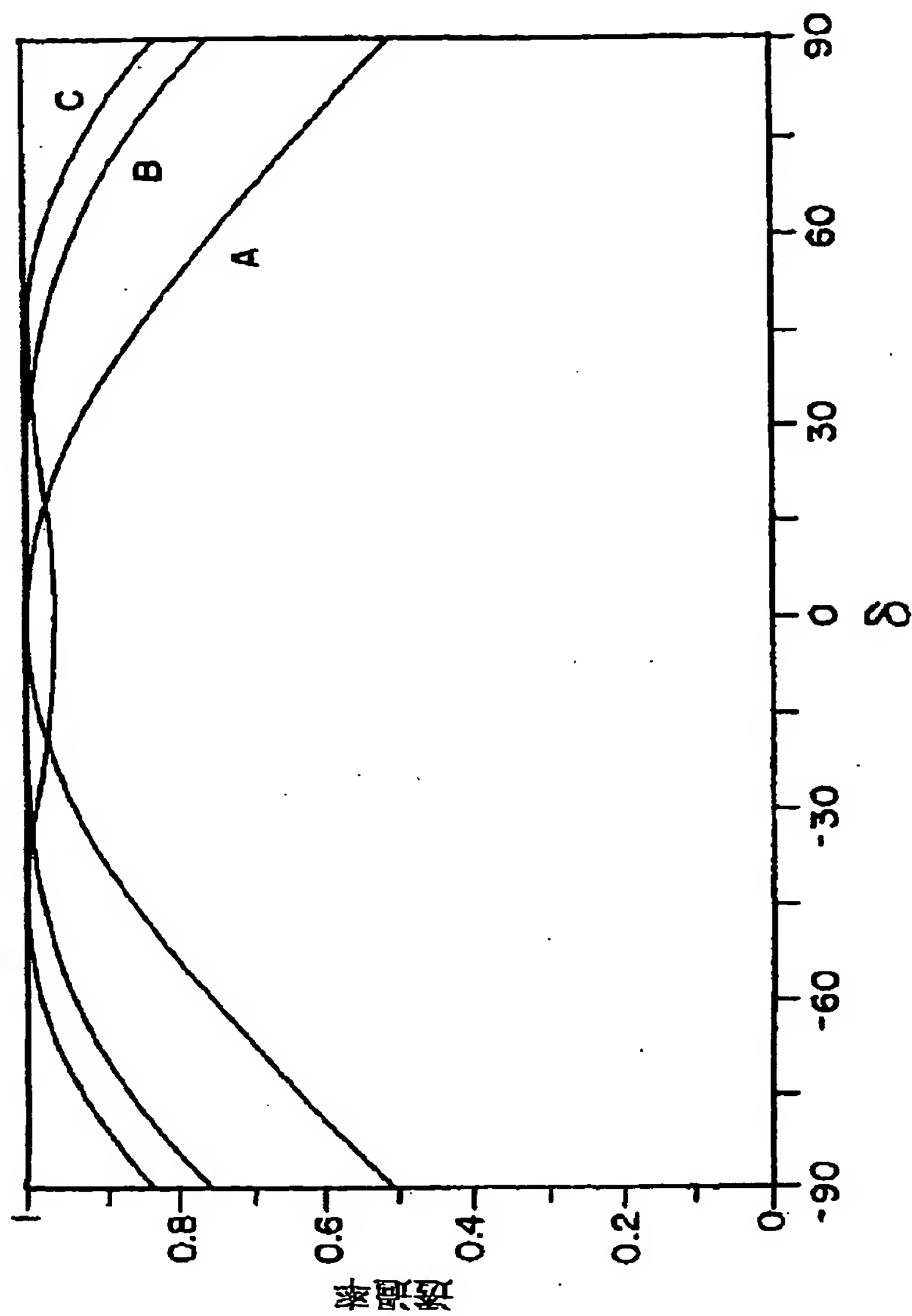


Fig. 6

【図 7】

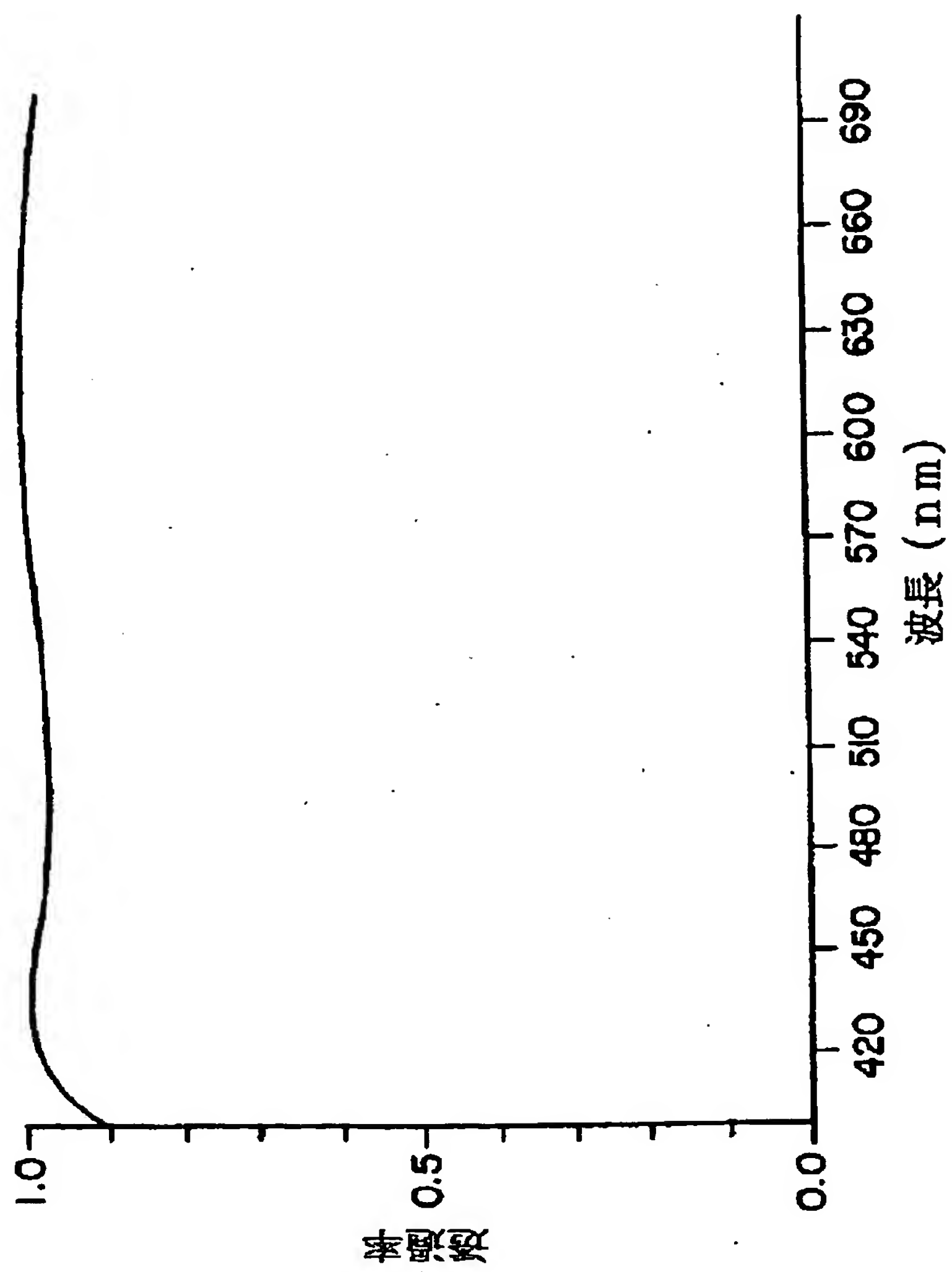


Fig. 7

【図8】

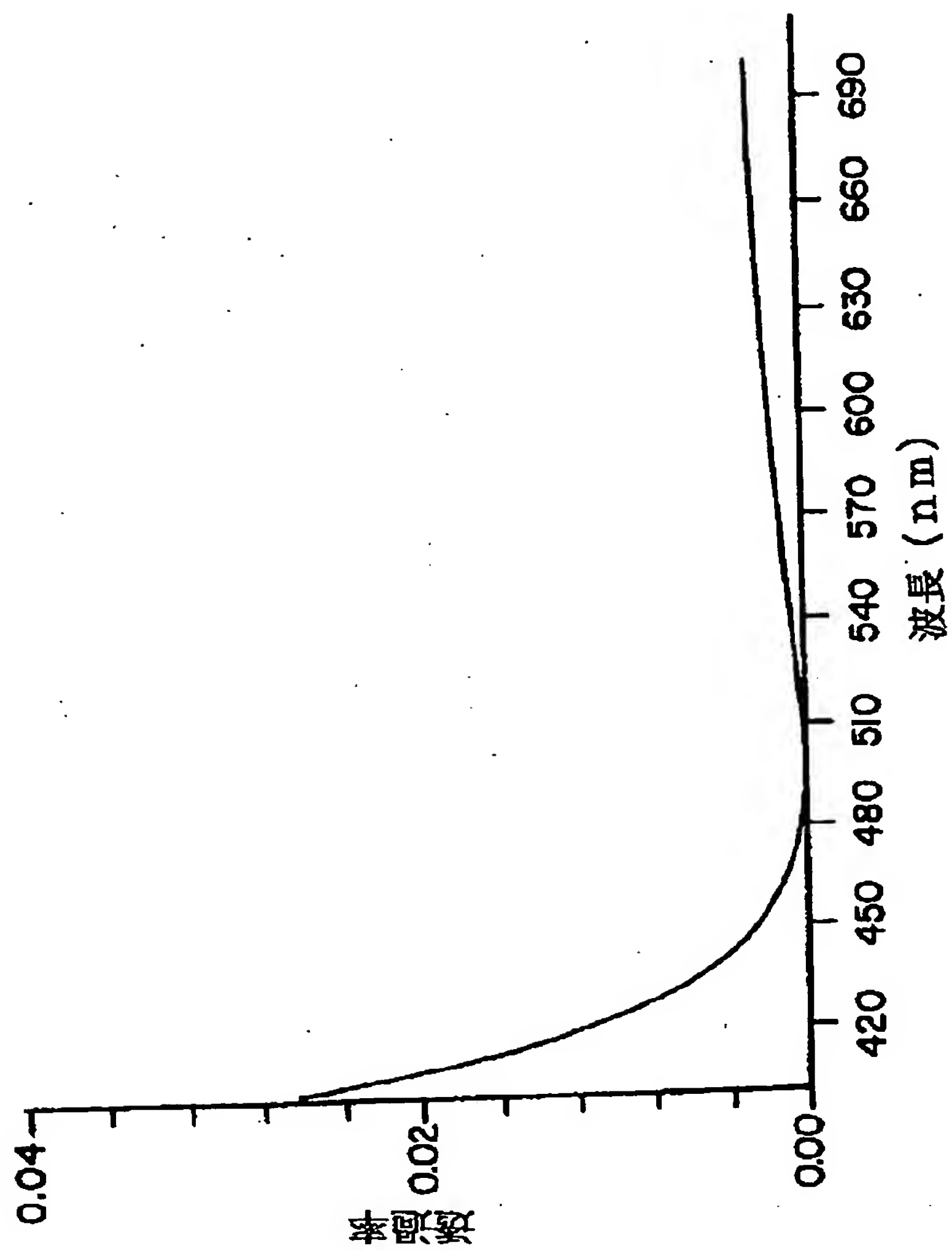


Fig. 8

【図9】

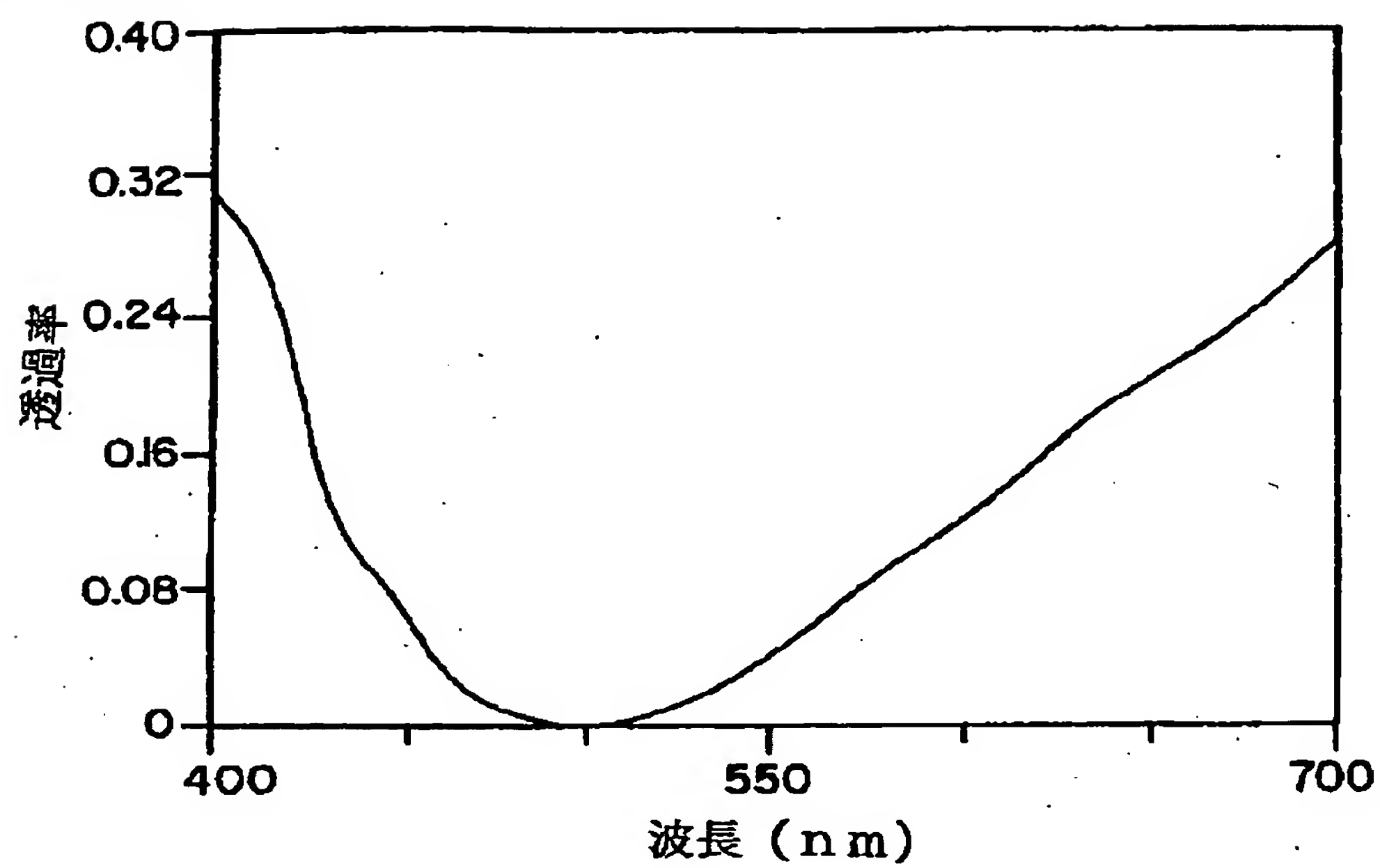


Fig.9a



【図9】

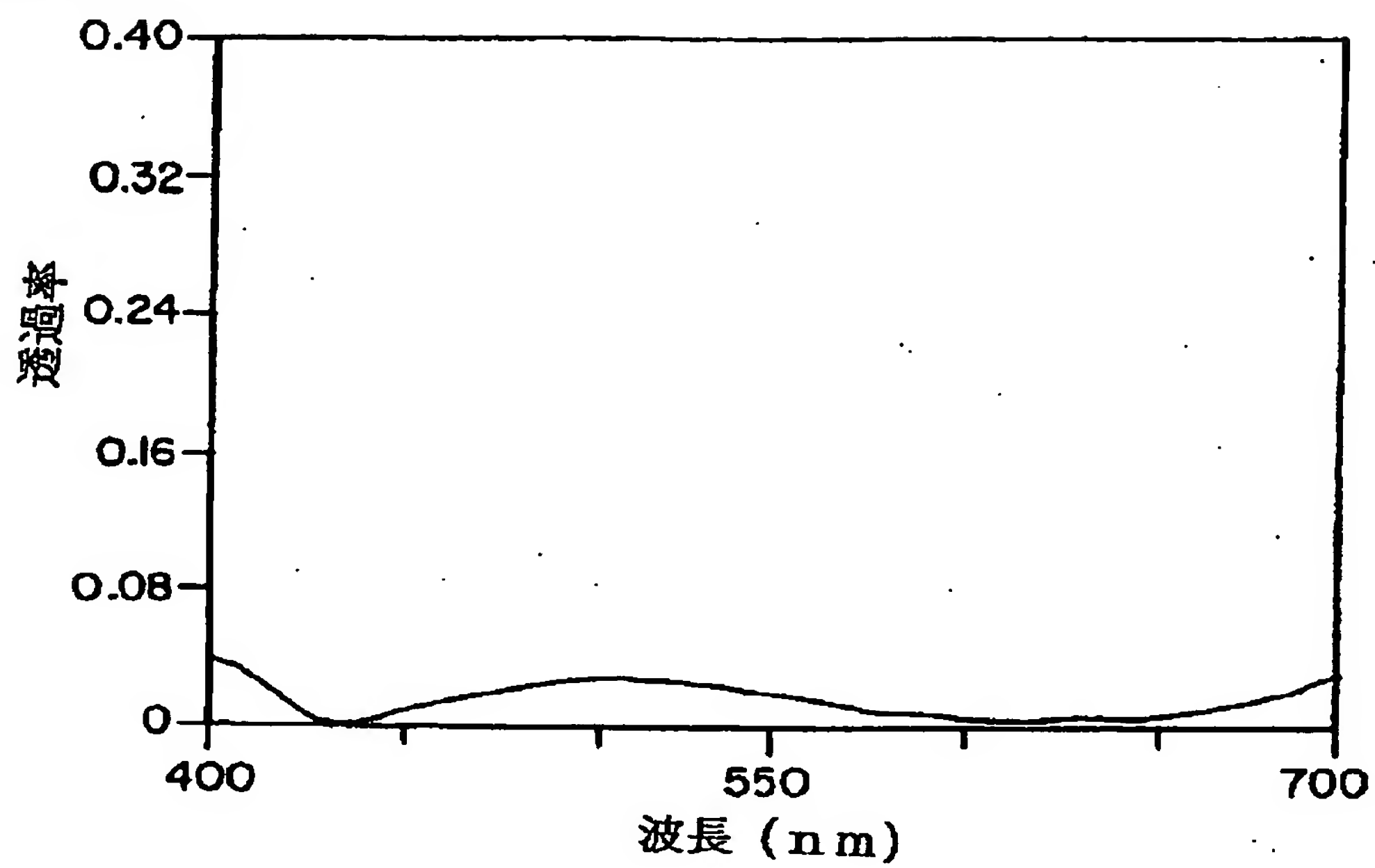


Fig. 9b

【図10】

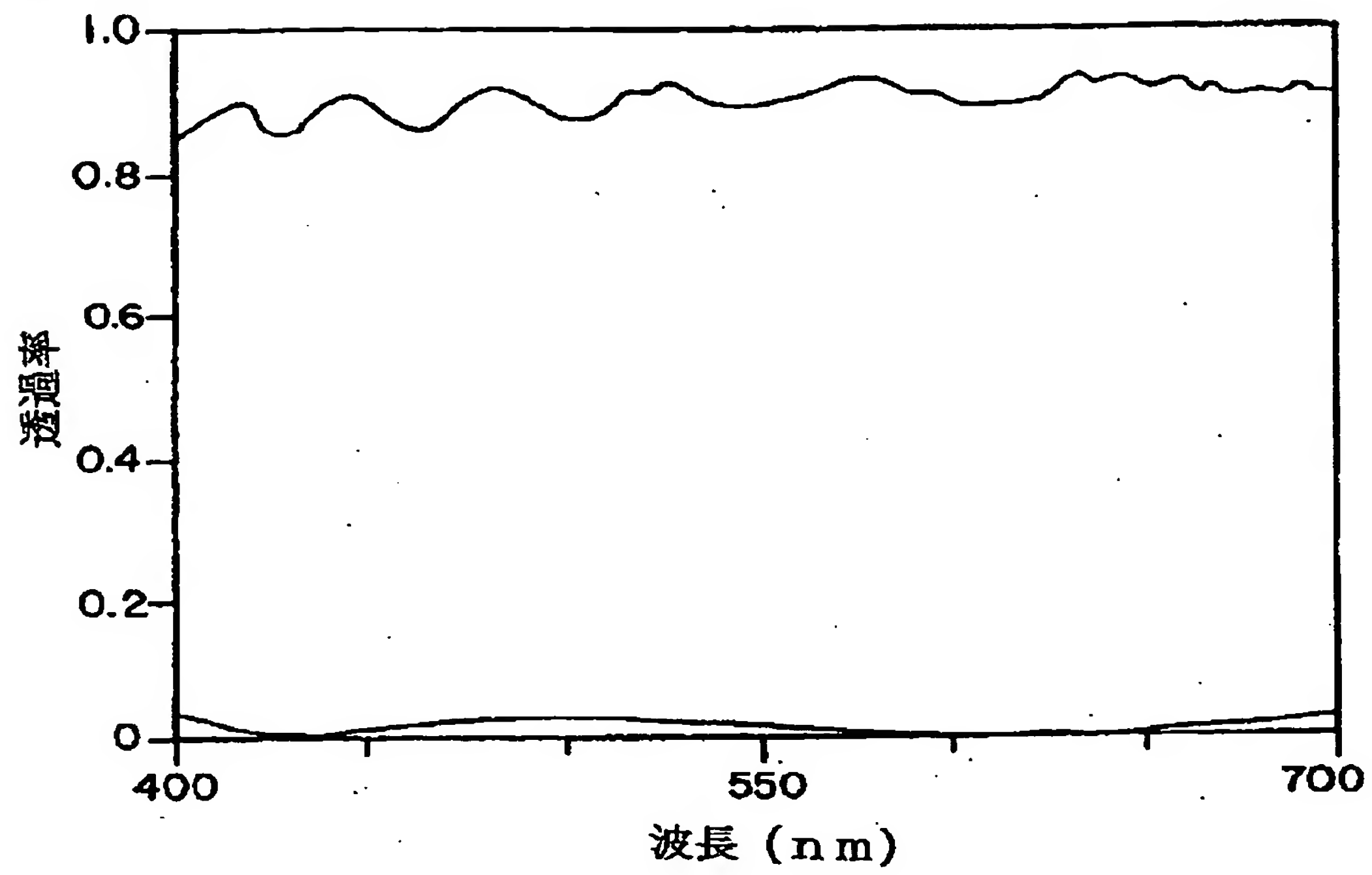


Fig. 10

【図 1 1】

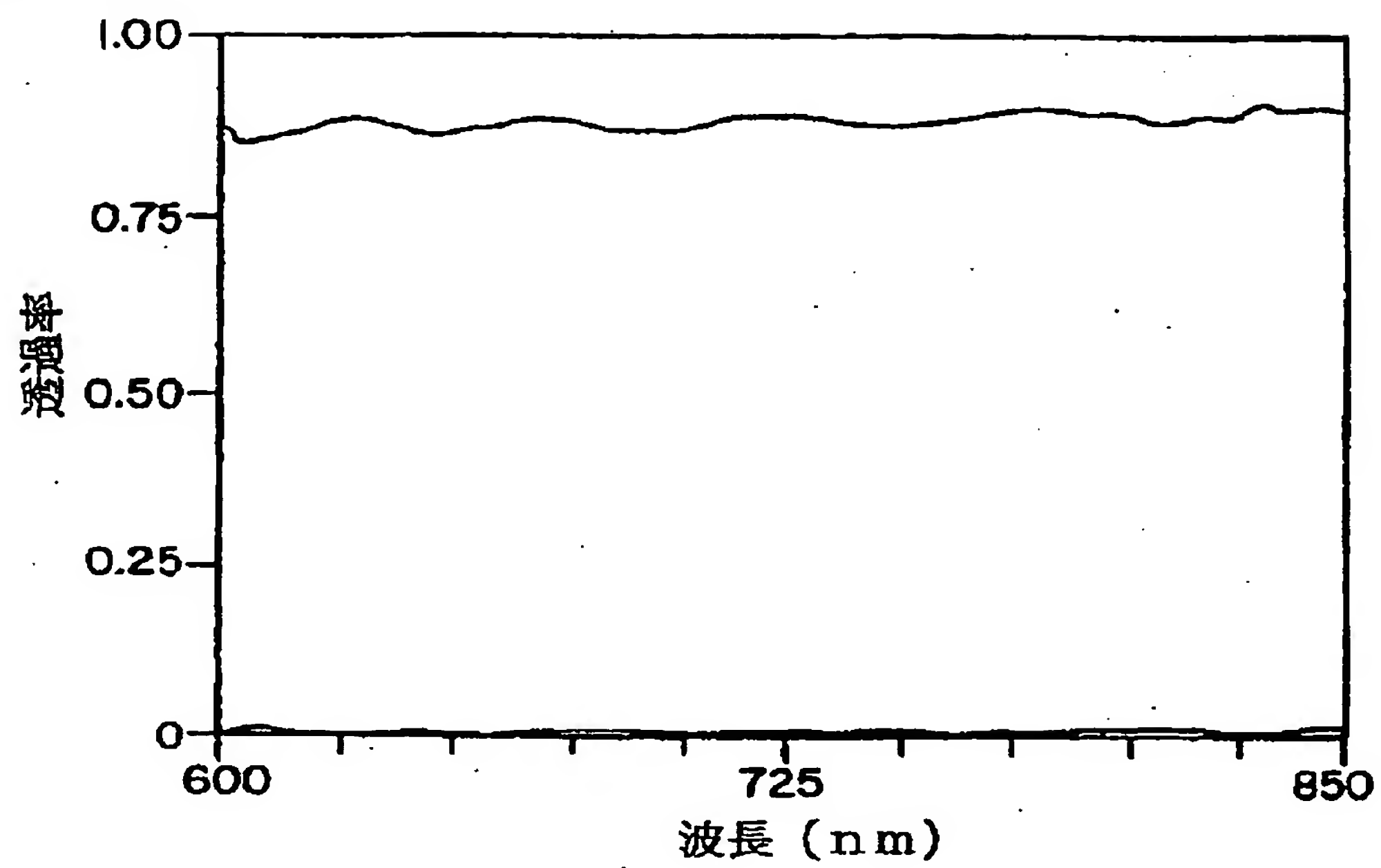


Fig. II

【図12】

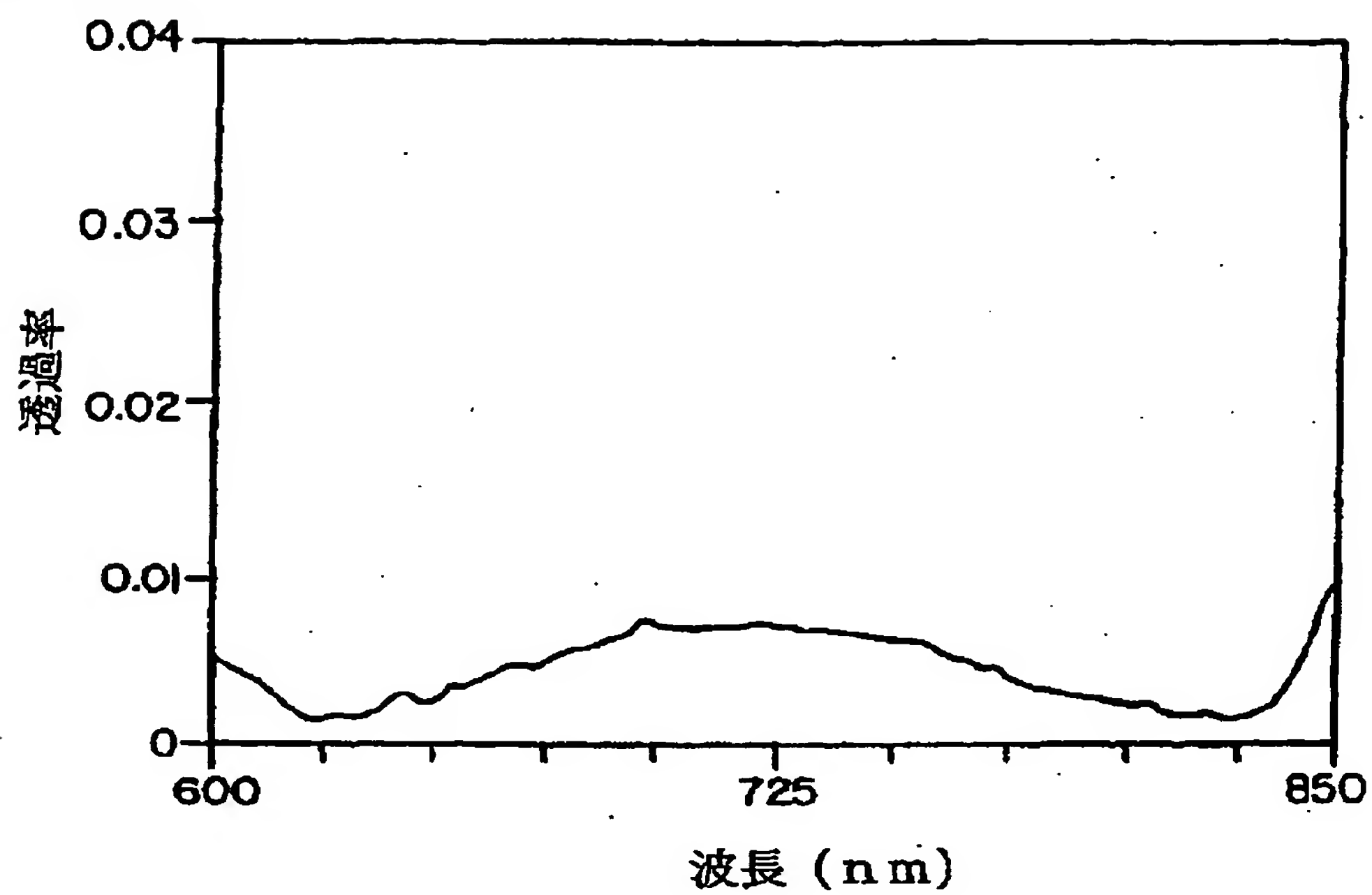


Fig.12

【図13】

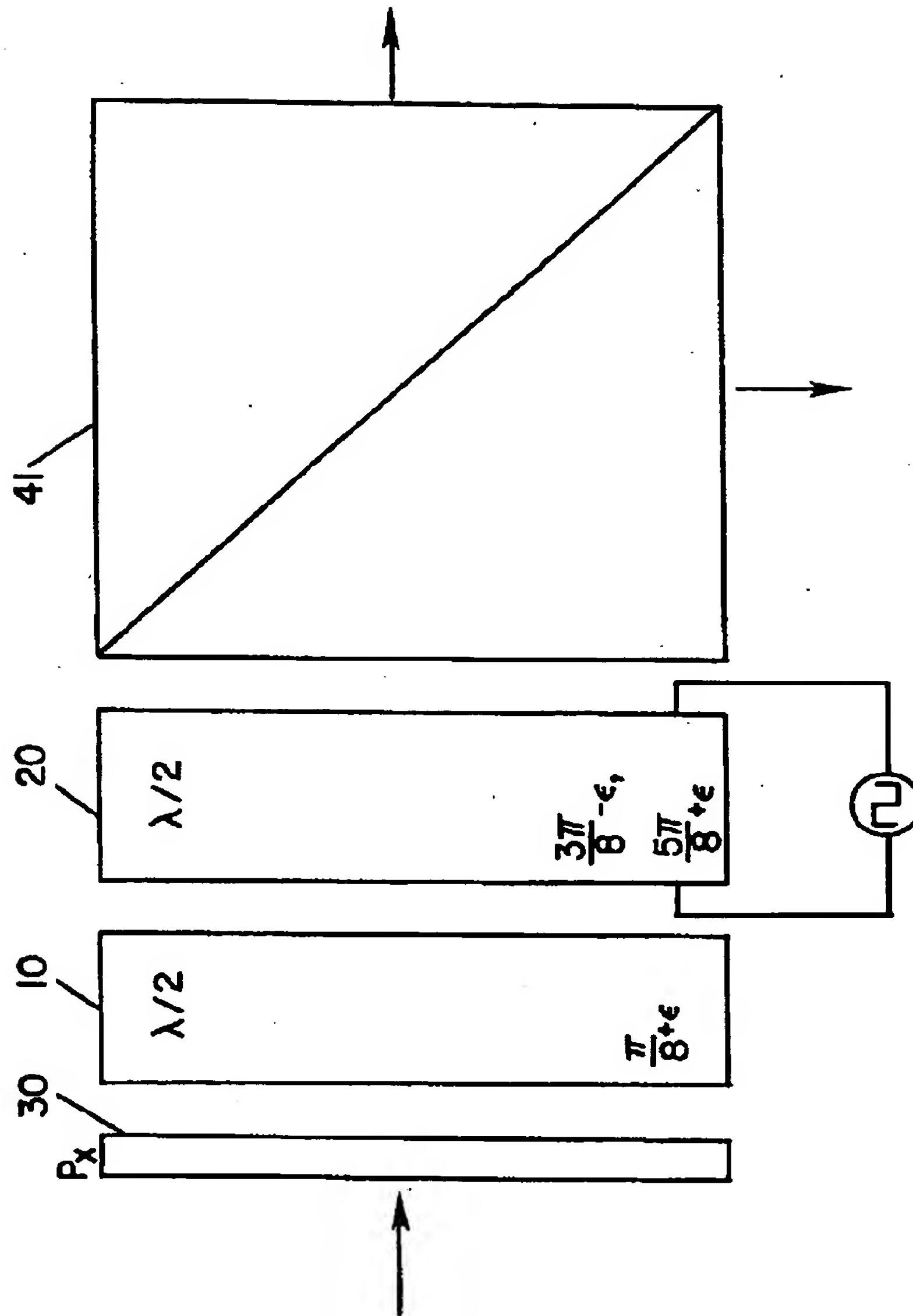


Fig. 13



【図14】

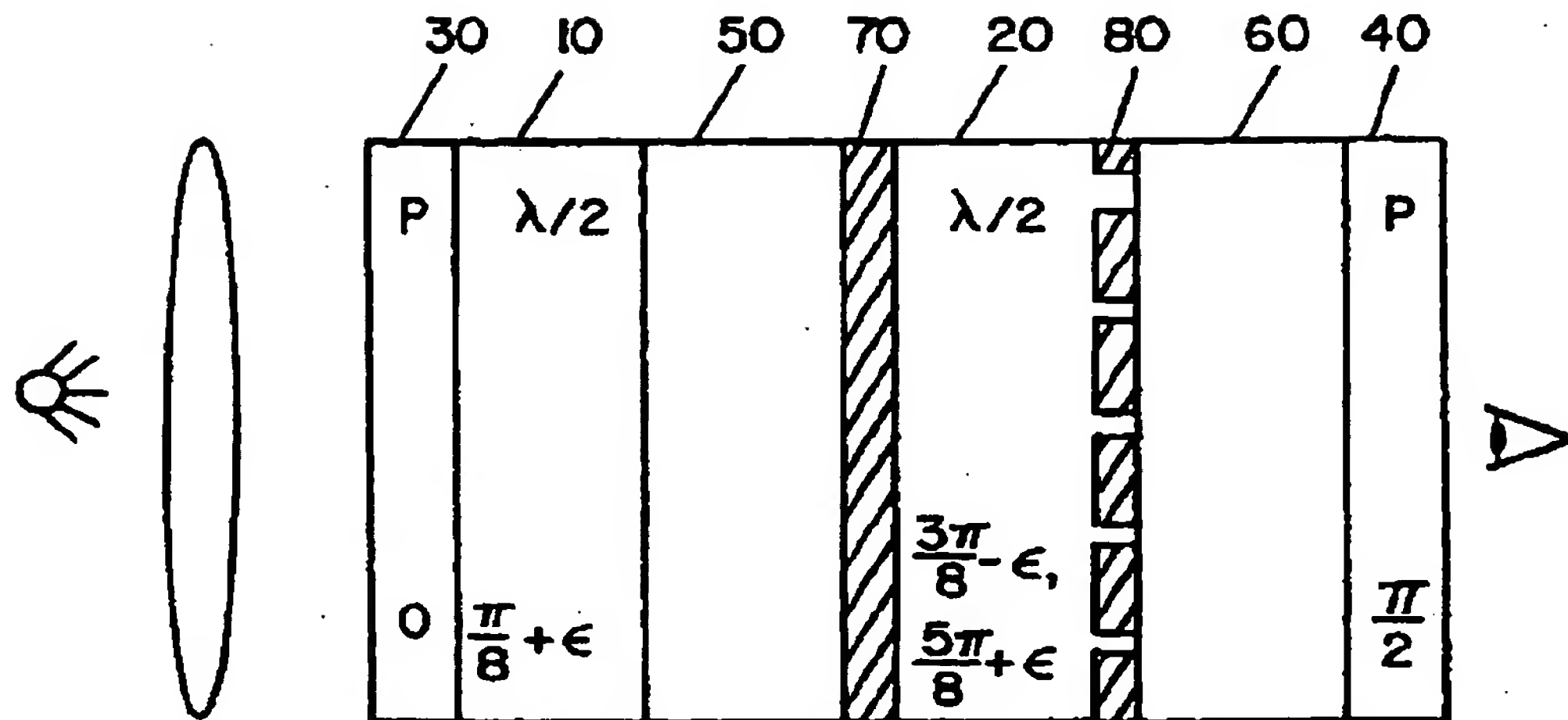


Fig. 14

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US96/17557

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(6) : G02F 1/133 US CL : 349/75, 100, 102, 117, 121, 171 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 349/75, 100, 102, 117, 121, 171 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) NONE		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5,033,825 A (ISHIKAWA et al) 07 July 1991, figure 10	1-51
A	US 5,187,603 A (BOS) 16 February 1993, figure 1	1-51
A	US 5,257,123 A (SHINGAKI et al) 26 October 1993, figure 3.	1-51
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 JANUARY 1997		Date of mailing of the international search report 29 JAN 1997
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer JAMES DUDEK Telephone No. (703) 308-4093

## Switchable achromatic polarization rotator

**Patent number:** JP11515117T

**Publication date:** 1999-12-21

**Inventor:**

**Applicant:**

**Classification:**

**- international:** G02F1/13

**- european:** G02F1/01P; G02F1/13363; G02F1/1347A

**Application number:** JP19960517578T 19961030

**Priority number(s):** WO1996US17557 19961030; US19950549963 19951030

**Also published as:**



WO9716763 (A1)



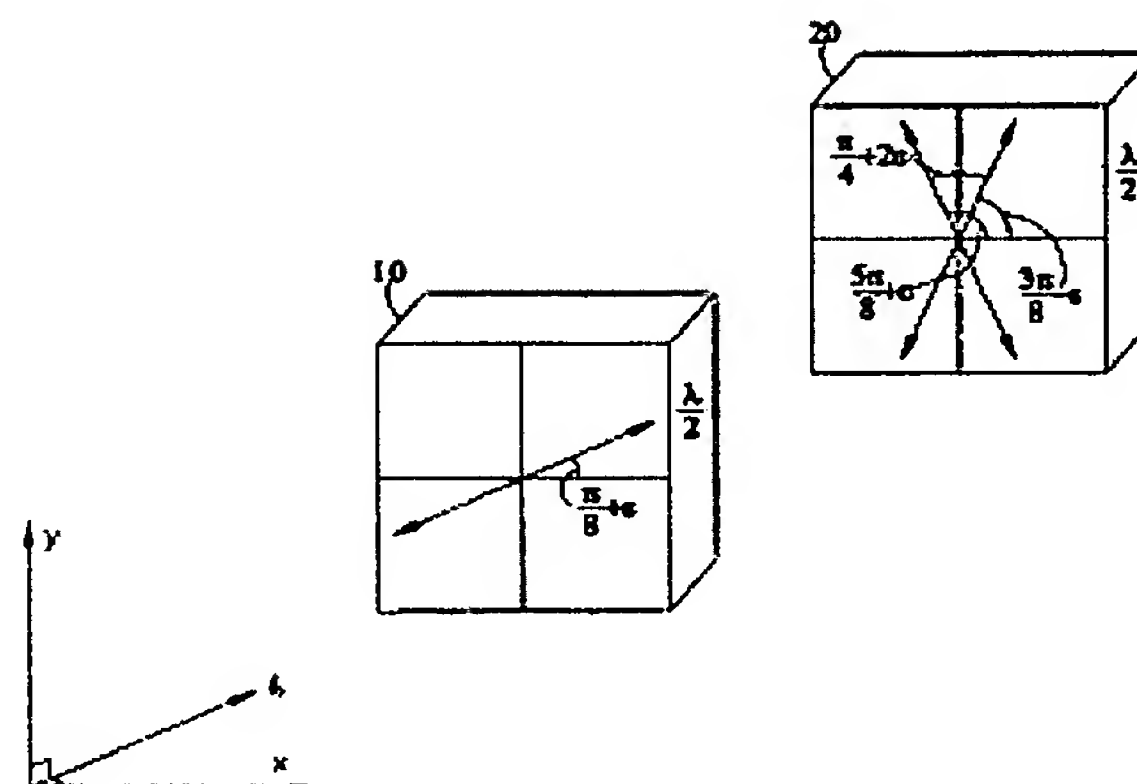
US5870159 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for JP11515117T

Abstract of corresponding document: **US5870159**

This invention provides a liquid crystal achromatic polarization rotator switch, and an achromatic shutter using the rotator switch. The rotator switch requires input light of a fixed orientation and switches between rotating the polarization by zero degrees and by a fixed angle,  $\beta$ . The achromatic shutter uses an achromatic 90-degree rotator switch positioned between a pair of polarizers. A first embodiment of the rotator switch comprises one planar-aligned rotatable smectic liquid crystal half-wave retarder in series with one passive half-wave retarder. The smectic liquid crystal cell has fixed retardance and is driven between two orientations for off- and on-states. A second embodiment of the rotator switch utilizes two variable birefringence liquid crystal cells. The variable birefringence cells having fixed orientation and variable retardance. In the off-state both retarders have zero retardance and in the on-state they have half-wave retardance.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

The linearly polarized light by which orientation was carried out to 1.0 degrees is accepted, and it is the achromatism polarization rotator switch to carry out include-angle beta rotation about this acceptance \*\*\*\*. With the 1st half-wave length phase child by which orientation was carried out to said linearly polarized light by  $\alpha_1 = \beta/4 + (-1)^n \epsilon - n\pi/4$  Said n is a non-negative integral exponent, and Above epsilon is coniculus With the 2nd half-wave length phase child stationed succeeding said 1st phase child said -- with orientation of the 2nd half-wave length phase child being carried out to said linearly polarized light by  $\alpha_2 = 3\beta/4 - (-1)^n \epsilon + n\pi/4$  It is an achromatism polarization rotator switch including one side of said two or more phase children being a passive phase child, another side being a pivotable liquid crystal phase child, and the liquid crystal phase child in whom this rotation is possible being pivotable to said passive phase child to  $\pi/2$  of the 2nd orientation.

The rotator switch according to claim 1 which is  $2.0 \leq \epsilon \leq 5$  times.

The rotator switch according to claim 2 which is  $3.0 \leq \epsilon \leq 3$  times.

4. Rotator switch according to claim 1 which is  $\beta = 90$  degrees.

5. Said liquid crystal is a rotator switch according to claim 4 which is SmC\* liquid crystal, are  $\alpha_1 = \pi/8 + \epsilon$ , and are  $\alpha_2 = 3\pi/8 - \epsilon$ .

The rotator switch according to claim 5 which is  $6.0 \leq \epsilon \leq 3$  times.

7. Rotator switch according to claim 1 which is  $\beta = 45$  degrees.

8. Said liquid crystal is a rotator switch according to claim 7 which is SmC\* liquid crystal, are  $\alpha_1 = -3\pi/16 - \epsilon$ , and are  $\alpha_2 = 7\pi/16 + \epsilon$ .

The rotator switch according to claim 8 which is  $9.0 \leq \epsilon \leq 3$  times.

10. Said liquid crystal is a rotator switch according to claim 1 chosen from the group who consists of SmC\*, SmA\*, a DISUTOTEDDO helix ferro-electric, and achiral CSLC.

11. Said liquid crystal is a rotator switch according to claim 1 which is SmC\* liquid crystal.

12. Said passive phase child is a rotator switch according to claim 1 which is an extension polymer phase child.

13. Said passive phase child is a rotator switch according to claim 1 which is a polymer liquid crystal phase child.

14. An achromatism shutter including the 1st linearly polarized light child by which has been arranged ahead of a rotator switch according to claim 1 and this rotator switch, and orientation was carried out to 0 times, and the 2nd linearly polarized light child stationed behind said rotator switch.

15. Said 2nd polarizer is parallel orientation or an achromatism shutter according to claim 14 by which rectangular orientation is carried out to the 1st polarizer.

16. The achromatism shutter according to claim 15 which is  $\beta = 90$  degrees.

17. Said liquid crystal is an achromatism shutter according to claim 16 which is SmC\* liquid crystal, are  $\alpha_1 = \pi/8 + \epsilon$ , and are  $\alpha_2 = 3\pi/8 - \epsilon$ .

The achromatism shutter according to claim 17 which is  $18.0 \leq \epsilon \leq 3$  times.

The achromatism shutter according to claim 16 which is  $19.0 \leq \epsilon \leq 5$  times.

The achromatism shutter according to claim 19 which is  $20.0 \leq \epsilon \leq 3$  times.

21. Said liquid crystal is an achromatism shutter according to claim 16 chosen from the group who consists of SmC\*, SmA\*, a DISUTOTEDDO helix ferro-electric, and achiral CSLC.

22. Said liquid crystal is an achromatism shutter according to claim 16 which is SmC\* liquid crystal.

23. Said passive phase child is an achromatism shutter according to claim 16 which is an extension polymer phase child.



24. Said passive phase child is an achromatism shutter according to claim 16 which is a polymer liquid crystal phase child.

25. Said 2nd polarizer is an achromatism shutter according to claim 16 which is a polarization beam splitter.

26. Said liquid crystal phase child is an achromatism shutter according to claim 16 which is a multi-pixel liquid crystal phase child.

27. The polarization interference filter which has an achromatism shutter according to claim 16 and the 2nd passive phase child stationed between said rotator switch and the 2nd polarizer.

28. Said 2nd passive phase child is a polarization interference filter according to claim 27 by which orientation is carried out at  $45^\circ$  to the 1st polarizer.

29. The polarization interference filter according to claim 27 which has the 3rd linearly polarized light child stationed behind said 2nd polarizer, and the 3rd passive phase child stationed between said 3rd polarizer and the 2nd polarizer.

It is Arranged between Polarization Interference Filter According to Claim 28, and Said 2nd Passive Phase Child and 2nd Polarizer. To 1st Polarizer 30. With Parallel Orientation or 3rd Passive Phase Child by Whom Rectangular Orientation is Done the 4th passive phase child -- having -- said -- the split component filter by which the 4th passive phase child has the same litter dance as the 2nd passive phase child, and is arranged between the 3rd passive phase child and the 2nd polarizer, and orientation is further carried out at  $45^\circ$  to the 1st polarizer.

31. The polarization switch which has the 1st linearly polarized light child by which is arranged ahead of a rotator switch according to claim 1 and this rotator switch, and orientation is carried out at 0 times.

32. The polarization switch according to claim 31 which is  $\beta = 90^\circ$ .

33. It is the color filter said whose the 1st polarizer or 2nd polarizer it is arranged behind a polarization switch according to claim 32 and said rotator switch, and has parallel orientation or the 2nd linearly polarized light child by whom rectangular orientation was done to the 1st polarizer, and is a color polarizer.

34. Said color polarizer is a color filter according to claim 33 which is a multicolor linearly polarized light child.

35. Said color polarizer is a color filter according to claim 33 which has a neutral linearly polarized light child and the phase child stack arranged between this linearly polarized light child and a rotator switch, and is set up that the quantity of the phase child in this stack, and each phase child's litter dance and orientation should spread an additive-primary-colors spectrum in accordance with the 1st polarization shaft, and should spread a complementary subtractive-primaries spectrum in accordance with the 2nd rectangular polarization shaft.

36. Said the 1st polarizer and 2nd polarizer are a color filter according to claim 33 which is a color polarizer, respectively.

37. the 2nd rotator switch arranged behind said 2nd polarizer -- said -- the color filter according to claim 33 which is arranged behind the 2nd rotator switch and has parallel orientation or the 3rd linearly polarized light child by whom rectangular orientation is done in the 1st polarizer.

38. Said 3rd polarizer is a color filter according to claim 37 which is a color polarizer.

39. The enantiomorph switch by which it has a rotator switch according to claim 4 and a quarter-wave length phase child, and this quarter-wave length phase child is stationed behind said rotator switch, and orientation is carried out at  $45^\circ$  to said linearly polarized light.

40. The color filter which has an enantiomorph switch according to claim 39 and the 1st cholesteric circular polarization of light child stationed behind said quarter-wave length phase child.

41. The color filter according to claim 40 which has the 2nd cholesteric color polarizer arranged behind said 1st cholesteric color polarizer.

The linearly polarized light by which orientation was carried out to  $42.0^\circ$  is accepted, and it is the achromatism polarization rotator switch to carry out include-angle  $\beta$  rotation about this acceptance \*\*\*\*. With the 1st liquid crystal variable-phase child by which orientation was carried out to said linearly polarized light by  $\alpha_1 = \beta/4 + (-1)^n \epsilon - n\pi/4$  Said  $n$  is a non-negative integral exponent, and Above  $\epsilon$  is corniculus With the 2nd liquid crystal variable-phase child stationed succeeding said 1st phase child said -- with orientation of the 2nd liquid crystal variable-phase child being carried out to said linearly polarized light by  $\alpha_2 = 3\beta/4 - (-1)^n \epsilon + n\pi/4$  The litter dance of said 1st variable-phase child and the 2nd variable-phase child is an achromatism polarization rotator switch including a coincidence change being possible between zero and a half-wave length litter dance.

The rotator switch according to claim 42 which is  $43.0 \leq \epsilon \leq 5$  times.

The rotator switch according to claim 43 which is  $44.0 \leq \epsilon \leq 3$  times.



45. The rotator switch according to claim 42 which is  $\beta = 90$  degrees.
46. The rotator switch according to claim 42 which is  $\beta = 45$  degrees.
47. Said 1st liquid crystal phase child and the 2nd liquid crystal phase child are a rotator switch according to claim 42 chosen from the group who consists of the nematic liquid crystal phase child who did homogeneous orientation, a nematic pi-cell liquid crystal phase child, and a smectic liquid crystal phase child who did the homeotropic orientation.
48. Said 1st liquid crystal phase child and the 2nd liquid crystal phase child are a rotator switch according to claim 42 which is a nematic pi-cell liquid crystal phase child, respectively.
49. The achromatism shutter which has the 1st linearly polarized light child by which is arranged ahead of a rotator switch according to claim 42 and this rotator switch, and orientation is carried out at 0 times, and the 2nd linearly polarized light child stationed behind said rotator switch.
50. Said 2nd polarizer is parallel orientation or an achromatism shutter according to claim 49 by which rectangular orientation is carried out to the 1st polarizer.
51. The achromatism shutter according to claim 50 which is  $\beta = 90$  degrees.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

Field of achromatism polarization rotator invention which can be changed This invention relates to the achromatism polarization rotator switch (Achromatic polarization rotator switches) which has two phase children stationed continuously, and the shutter and filter which used this rotator switch.

Background of invention The liquid crystal (LC) device is used that the active structure of a large number containing a color shutter, the polarization interference filter (Tunable polarization interference filters) which can be aligned, a light valve, and a compound amplitude modulator should be formed. However, a liquid crystal phase child's (Liquid crystal retarders) chromaticity restricts the spectrum band region where this liquid crystal phase child may function appropriately. The distribution which are two factors, i.e., the wavelength dependency of (1) dielectric anisotropy, and the clear reversal wavelength dependency (Explicit inverse wavelength dependence) of (2) retardation affect the wavelength sensibility of a wavelength plate, i.e., a chromaticity. Both [ these ] components increase the retardation in still shorter wavelength. The birefringence ingredient which forms specific retardation in design wavelength forms larger retardation than the aforementioned specific retardation in wavelength shorter than design wavelength, and forms retardation smaller than specific retardation in long wave length from design wavelength.

The conventional polarization switch which uses a pivotable liquid crystal device is explained in full detail below so that the effect of a phase child's chromaticity may be shown. By the conventional approach which intercepts a beam of light using the chiral smectic liquid crystal (it Chiral Smectic Liquid Crystal and omits and CSLC is called) by which the flat-surface array was carried out, he is the molecule director (Molecular director) of LC half-wave plate.

It changes between 0 orientation and  $\pi/4$  orientation to two or more rectangular polarizers which adjoin as shown in \*\*\*\*1 . Half-wave length litter dance core wavelength (Half-wave retardance center wavelength) is chosen that the maximum permeability in operating wavelength should be realized. In the display and the camera, half-wave length litter dance core wavelength is chosen that the optimal range of a visible-ray spectrum should be realized. However, ON state bandwidth forms unsuitable transparency of red/blue in a usual state a narrow top. Furthermore, the variation of the small spatial thickness of a CSLC film forms the big color variation which can be checked by looking. Drawing 2 shows the ON state permeability by Computer modeling of the conventional CSLC shutter which uses 500nm half-wave plate. A model includes the effect of birefringence distribution. The chromaticity with a going too far shutter is shown, and permeability is 2-double-changing in a visible-ray spectrum.

active [ containing two or more active elements / still more elaborate ] -- achromatism -- structure is indicated. Dahl etc. is indicating LC shutter which used color compensation (the [ international patent application public presentation ] WO 90/No. (1990) 09614). Two analog CSLC half-wave plates are arranged between the polarizers of the pair which intersects perpendicularly mutually. Two half-wave plates are modulated to the symmetry that an achromatism response still more effective than a single cel shutter should be realized (that is, the 1st half-wave plate and 2nd half-wave plate are set to Orientation theta and orientation 90-theta, respectively). Since this device needs two active CSLC cels, this device has not realized the extensive application.

The paper with which chromaticity compensation which used two or more passive layers formed from the same phase child ingredient, respectively is indicated by Proc.Indian Acad.Sci.A41,137 [1955] by S . puncher RATONAMU (S. Pancharatnam), The paper indicated by Appl.opt.14,229[1975] by the ray . em . title (A. M.Title), J.Opt.Soc.Am. by C . Jay . KOESUTA (C. J.Koester) -- it shall be indicated by 49, 405, and the paper indicated by [1959], respectively, and the contents of these papers should be indicated in this detail letter with this indication

Puncher RATONAMU is indicating 3 wavelength-plate structure which functions as an achromatism phase child. 3 wavelength-plate structure consists of three films formed from the same ingredient, respectively. Furthermore, the design parameter is offered that formation of the device which has the litter dance value of arbitration should be made possible. In order to form the compound phase child of puncher RATONAMU, requiring at least three components is the point which should be noted.

By rotating mechanically the achromatism half-wave length phase child unit of puncher RATONAMU, the reorientation of the linearly polarized light which is not influenced of wavelength is possible.

Electromechanical rotation of this kind of compound half-wave length phase child is used that the polarization interference filter for astronomical imaging spectrometer should be adjusted, crossing extensively. Of course, this solid state version may need the electro-optics-rotation with which three phase children synchronized.

The easy solid state achromatism phase child was invented by Sharp and Johnson recently (the [ United States patent application ] refer to No. 08/419,593). The phase child who used the phase child unit of this puncher RATONAMU as the base has one pivotable LC half-wave length phase child who adjoins two or more passive half-wave length phase children. In few numbers of specific orientation, both the aforementioned artificers are indicating that effectiveness for effective rotation of the optical axis of the whole structure with sufficient rotation of one component is shown.

Two or more half-wave length phase children containing the half-wave length phase child unit which consists of three components of puncher RATONAMU change the incidence plane-polarized-light beam which has the orientation theta of arbitration to phase \*\*\*\* into the beam which has orientation-theta. KOESUTA is indicating that an "achromatism rotator" can be formed using two straight-line half-wave length phase children (Linear half-wave retarders). An achromatism rotator needs the input polarization which has fixed orientation, and rotates the plane of polarization of this input polarization at a fixed include angle. However, unlike an achromatism phase child, the incidence of the polarization which has the orientation of arbitration cannot be carried out to an achromatism rotator. Therefore, in mechanical rotation of a wavelength plate or solid state rotation being able to make the function of an achromatism rotator an invalid, the active change of a rotator is not indicated.

Outline of invention This invention offers a liquid crystal achromatism polarization rotator switch and the achromatism shutter which uses this rotator switch. A rotator switch needs the input beam of light which has fixed orientation, and changes rotation of polarization between whenever [ zero ], and the fixed include angle beta. The achromatism shutter is using the 90 achromatism rotator switch arranged between the polarizers of a pair. The achromatism shutter based on this invention which realizes 97% or more of ON state permeability with a wavelength of 415-700nm after the standardization about polarizer loss, and offers the high contrast with a wavelength of 455-632nm of 500:1 was designed, and the capacity was proved. This device is formed using commercial LC mixture and the phase child film (phase contrast film) which consists of a low price extension polymer.

The rotator switch based on the gestalt of the 1st operation has one pivotable smectic liquid crystal half-wave length phase child by whom the flat-surface array was done, and this half-wave length phase child follows one passive half-wave length phase child, and is stationed. A smectic liquid crystal cell has a fixed litter dance, and drives it between two orientation corresponding to an OFF state and an ON state, respectively. As for the rotator switch of this invention, the fact that the same phase contrast film of the pair which has the optical axis which intersects perpendicularly mutually that the OFF state which forms zero rotation should be realized does not change a polarization condition is used. Therefore, in the OFF state, the active phase child and the passive phase child lie at right angles mutually. The design formula which determines the requirements for a tilt angle and orientation which realize the optimal spectral range is offered to the ON state. The formula which governs a shutter contrast ratio is offered further, and this formula appoints the range which adjusts a zero order phase child (Zero-order retarders) in the point of the description. The smectic liquid crystal cell is usable in SmC\* liquid crystal, SmA\* liquid crystal, DISUTOTEDDO helix ferro-electric (it Distorted Helix Ferroelectric and omits and DHF is called) liquid crystal, antiferroelectricity liquid crystal, and Achiral CSLC.

The rotator switch based on the gestalt of the 2nd operation is using two adjustable birefringence liquid crystal cells. Each adjustable birefringence cel has fixed orientation and an adjustable litter dance. Both phase children have a zero litter dance in an OFF state, and have a half-wave length litter dance in an ON state. The design formula fixed two phase children's orientation and same as the design formula in the ON state orientation of the gestalt of the 1st operation is followed. The adjustable birefringence liquid crystal cell used for this invention contains the nematic liquid crystal cell which carried out homogeneous



orientation, a nematic pi-cel, and the smectic liquid crystal cell which carried out the homeotropic orientation.

The achromatism polarization rotator switch is effective for operation of the achromatism in the ON state of a shutter, the modulation of the polarization in a color shutter, reversal of the spectrum of a polarization interference filter, compensation of the color variation in a CSLC shutter, and increase of the throughput of a polarization control system.

Easy explanation of a drawing Drawing 1 is a perspective view of a light shutter which has a CSLC cel among two or more polarizers which intersect perpendicularly mutually.

Drawing 2 is a graph which shows the output in the ON state of the shutter of drawing 1 which carried out Computer modeling.

Drawing 3 ( drawing 3 a - drawing 3 c is included) is the perspective view showing the achromatism rotator switch which has the pivotable smectic liquid crystal half-wave plate arranged one passive phase child's (a) back, and ahead [ (b) ], and the achromatism rotator switch which has a (c)2 \*\* liquid crystal variable-phase child, respectively.

Drawing 4 is the perspective view showing the achromatism shutter which uses a rotator switch 90 degrees.

Drawing 5 ( drawing 5 a and drawing 5 b are included) is the perspective view showing the 45-degree rotator switch on which it has (a)  $n=0$ , and the 45-degree rotator switch which has (b)  $n=1$ , respectively.

drawing 6 -- (A) -- an easy CSLC shutter and the achromatism which has (B)  $\epsilon=0$  -- a rotator shutter and the achromatism which has (C)  $\epsilon=2.5$  degree -- they are the permeability in the ON state in a rotator shutter, and the graph which shows balking from a half-wave length litter dance, i.e., the relation shifting ( $\delta$ ), respectively.

Drawing 7 is a graph which shows the transparency spectrum in the ON state by which the rectangular polarizer shutter which used the visible-ray band achromatism rotator switch was computed. Structure is using distribution of the 500nm half-wave length LC and a polycarbonate phase child.

Drawing 8 is a graph which shows the transparency spectrum in the OFF state by which the shutter of drawing 7 was computed.

drawing 9 ( drawing 9 a and drawing 9 b are included) -- (a) -- one CSLC phase child by whom orientation was done by  $\pi/4$  located among two or more polarizers each other arranged in parallel, and (b) -- the achromatism located among two or more polarizers each other arranged in parallel -- it is the graph which shows the transparency spectrum in the measured shutter OFF state in a rotator switch.

Drawing 10 is a graph which shows the spectrum in the ON state by which the shutter of drawing 9 b was measured, and the spectrum in an OFF state. It is shown that this graph is obtained after high permeability was realized in the isotropic condition and the neutral OFF state has rotated  $\pi/2$ .

Drawing 11 is a graph which shows the ON state output and OFF state output by which the achromatism shutter arranged among two or more polarizers which are mutually parallel was measured. The device is formed using the 720nm half-wave length CSLC (ZLI-3654 of IMERUKU (E-Merck)) phase child, and 400nm polycarbonate phase child of Nitto (Nitto).

Drawing 12 is a graph which shows the high-resolution plot of the permeability of the shutter of drawing 11. The leakage of an parallel polarizer is maintained to less than 1.0% in 250nm band which spreads in the range of 600-850nm.

Drawing 13 shows the wide-band-switching device which used the polarization splitter that a beam of light should be guided. The polar change on LC device invites the change of a port to which outgoing radiation of the broadband beam of light is carried out.

Drawing 14 is drawing of longitudinal section showing the display which used the rotator switch and neutral shutter array which realize still higher beam-of-light effectiveness. It originates in the neutrality of a switch and two or more polarizers of each other can be considered as the parallel arrangement which arranges or intersects perpendicularly.

Detailed description Two or more components in the device of this invention are connected continuously optically. The orientation of a polarizer means the orientation of a transparency shaft and the orientation of a birefringence component means the orientation of an allotropy child's main optical axis. Orientation is determined to the polarization shaft of the input beam of light by which the plane polarized light was carried out. In two or more drawings in which a birefringence component is shown, an arrow head shows orientation and the litter dance is displayed on the side face of a component. a litter dance -- case it can change between two values -- said -- a comma divides and shows two numeric values on the side face of a component. A litter dance means the litter dance in design wavelength, and vocabulary called design wavelength means the wavelength in which a phase child forms a predetermined litter dance. On wavelength

other than design wavelength, the gap  $\Delta$  of the litter dance from the litter dance in design wavelength exists.

Vocabulary called a fixed phase child means the birefringence component which does not carry out the electronic modulation of orientation and a litter dance. The pivotable liquid crystal phase child of this invention has pivotable orientation and a fixed litter dance in design wavelength electronically. A liquid crystal variable-phase child, i.e., a liquid crystal adjustable birefringence phase child, has electronically the litter dance (birefringence) which can be changed, and fixed orientation. Vocabulary called achromatism means the optical device with which the transmitted electromagnetic-field amplitude does not have first order DIPENDENSU (First order dependence) to  $\Delta$ . Therefore, transparency power (Transmitted power) does not have second order DIPENDENSU (Second order dependence) to  $\Delta$ .

90-degree rotator (90-degree Rotator)

Drawing 3 a is the perspective view showing the polarization rotator switch based on the gestalt of operation of the 1st of this invention. Since to change a broadband beam of light between two straight-line conditions which intersect perpendicularly mutually is desired in many cases, achromatism rotation is explained in full detail in the gestalt of this operation 90 degrees. An achromatism shutter is formed by arranging a rotator switch between the polarizers of a pair (refer to drawing 4 ). Orientation of the passive half-wave length phase child 10 is carried out by  $\pi/8 + \epsilon$  to the input beam of light which polarized along the x axis, and  $\epsilon$  is corniculus (Small angle). In an ON state, orientation of the pivotable liquid crystal half-wave length phase child 20 is carried out by  $3\pi/8 - \epsilon$ , and orientation is done by  $5\pi/8 + \epsilon$  in an OFF state. In an ON state, a switch offers the 90 achromatism polarization rotation which shows the exact 90-degree rotation in two wavelength  $\lambda_R$  and  $\lambda_B$ . The OFF state supports the condition that two or more opticals axis intersect perpendicularly mutually. An OFF state forms zero network retardation, and does not form polarization rotation.

Corniculus  $\epsilon$  is chosen that an operation in an operating wavelength band should be optimized.

Separation between  $\lambda_R$  and  $\lambda_B$  increases by increasing  $\epsilon$ . The desirable max  $\epsilon$  is the value of  $\epsilon$  at the time of making  $\lambda_B - \lambda_R$  equal to a band of operation. Therefore, vocabulary called corniculus is used [ be / it / under / this / specification / setting ] to the value of  $\epsilon$  of arbitration smaller than the aforementioned maximum. The range of corniculus is  $0 \leq \epsilon \leq 5$  times at a usual state. When  $\epsilon$  is values other than zero, rotation is correctly formed to two wavelength 90 degrees. When this include angle is increased, a band of operation increases. However, this sacrifices loss of the rotation effectiveness in a half-wave length phase child's design wavelength. Half-wave length design wavelength (Half-wave design wavelength) is chosen based on a desired band of operation. Originating in retardation and the reversal wavelength dependency of birefringence distribution, half-wave length design wavelength turns into short wavelength from the core of a band of operation somewhat.

A pivotable liquid crystal phase child is FLC, or may be the ingredient of the arbitration electronically equipped with the pivotable optical axis. This liquid crystal phase child contains the SmC\* liquid crystal and SmA\* liquid crystal by which the flat-surface array was carried out, DISUTOTEDDO helix ferro-electric (DHF) liquid crystal, antiferroelectricity liquid crystal, and Achiral CSLC. A phase child changes between at least two orientation  $\alpha_2$  and  $\alpha_2'$ . Based on the liquid crystal to be used and the electric field to impress, a phase child does continuation rotation among two or more orientation containing  $\alpha_2$  and  $\alpha_2'$ , changes between the bistability condition (Bistable states)  $\alpha_2$  and  $\alpha_2'$ , or may change between two or more discontinuous orientation (it is not necessary to be stabilization orientation). Two or more orientation located between  $\alpha_2$  and  $\alpha_2'$  does not form an achromatism phase child. However, the orientation of this plurality can be used in a shutter that gray-scale transparency should be realized. The liquid crystal which has surface passivation or two or more orientation (Surface or volume stabilized orientations) by which volume stabilization was carried out can be used that the PASSHIIBU matrix display which has memory should be formed.

With the gestalt of operation of drawing 3 a, only the include angle of  $\pi/4 + 2\epsilon$  needs to rotate a liquid crystal optical axis. Therefore, the tilt angle with the optimal rotator is somewhat larger than the tilt angle of  $\pi/8$  needed for the illustrated conventional shutter. Since achromatism bandwidth is very sensitive to  $\epsilon$ , a CSLC tilt angle is an important parameter for optimization. Since it depends for a tilt angle on temperature, impression electric field, and a modulation ratio, active compensation of an operating condition is usable in order to stabilize a liquid crystal phase child. The error in the orientation of liquid crystal and a passive phase child requires that it is under  $\epsilon$ , and this error is preferably smaller than 0.5 degrees. A passive phase child may be the birefringence ingredient of arbitration. A suitable ingredient contains crystalline ingredients, such as a mica or a quartz, extension polymer films, such as a Mylar (Mylar) or a



polycarbonate, and a polymer liquid crystal film. In the gestalt of desirable operation, a passive phase child's distribution is mostly adjusted in liquid crystal distribution. For example, a Mylar has distribution similar to some CSLC(s).

As for an active phase child and a passive phase child, it is desirable that the design wavelength and distribution have consistency mutually. By the shutter which has two or more polarizers which intersect perpendicularly mutually, identically [ the half-wave length retardation wavelength of two or more polarizers ], distribution of the polarizer of this plurality adjusts the ideal broadband OFF state, and when the polarizer of further this plurality lies at right angles completely, it is formed. In fact, the leakage by the OFF state originates in the residual litter dance between two or more wavelength plates (Residual retardance) in many cases. While two or more main wavelength may be adjusted easily mutually, a residual litter dance originates in the difference of birefringence distribution of two ingredients at a usual state. For example, the phase contrast film (NRF or NRZ currently sold from Nitto) used for a display device is common CSLC mixture (ZLI-3654 or S C E-13 which IMERUKU sells).

Lower birefringence distribution is shown. Difference retardation (Difference retardation) forms the leakage of few amounts in the wavelength of the blue/red of the extremal value of a shutter actuation band.

In the aforementioned rotator switch, the 1st phase child is a passive phase child, and the 2nd phase child is an active phase child. In example of another of the gestalt of this operation, the 2nd phase child is a passive phase child, and the 1st phase child is an active phase child (refer to drawing 3 b). The phase child 21 is being fixed by  $3\pi/8 - \epsilon$ , and the phase child 11 changes between  $\pi/8 + \epsilon$  in an ON state, and  $-\pi/8 - \epsilon$  in an OFF state. Like the device of drawing 3 a, the rotations needed are  $\pi/4 + 2\epsilon$ , and two phase children lie at right angles mutually in an OFF state.

Drawing 3 c shows the 2nd example of a polarization rotator switch 90 degrees. this rotator switch -- two liquid crystal adjustable birefringence phase children -- having -- said -- two phase children have the litter dance in which a coincidence change is possible between zero and the half-wave length, respectively. Orientation of the phase child 12 is carried out by  $\pi/8 + \epsilon$ , and orientation of the phase child 22 is carried out by  $3\pi/8 - \epsilon$ . An isotropic condition (zero orientation) is formed by decreasing the litter dance of both components to zero in electro-optics.

90 achromatism rotation is realized in case a litter dance is the half-wave length. An usable adjustable birefringence liquid crystal cell contains in this invention the nematic liquid crystal which carried out homogeneous orientation, a nematic  $\pi$  cel, and the smectic liquid crystal cell which carried out the homeotropic orientation.

The gestalt of operation of drawing 3 a and drawing 3 b is more desirable than the gestalt of operation of drawing 3 c in some respects. The configuration is still easier, in order to replace with two active cels and to use one liquid crystal cell. Furthermore, the change rate of a smectic liquid crystal is quick in a nematic several figures twist usual state.

In explanation of the following related with a design parameter, the gestalt of one operation is used as a typical device shown in drawing 3 a and drawing 3 b, and a design parameter is applied to the gestalt of both operations.

**Achromatism shutter** An achromatism shutter is formed when the rotator has been arranged between two polarizers 90 degrees, as shown in drawing 4 . The polarizer 30 arranged ahead of a rotator switch offers the input linearly polarized light. In the gestalt of this operation, the polarizer 40 arranged behind a rotator switch lies at right angles to an input polarizer. In a rotator switch ON state, 90 achromatism rotation of the input beam of light which polarized x times forms a shutter ON state, and this shutter ON state has the high permeability which passes the output polarizer carried out y orientation. In a rotator switch OFF state, a rotator shows isotropy and does not form rotation. Therefore, the input beam of light which polarized x times forms a shutter OFF state by being intercepted with a light analysis polarizer (Analyzing polarizer). In the case of two or more polarizers each other arranged in parallel, the 90-degree rotation ON state of a rotator switch forms the OFF state of a shutter. Generally, when adjustment with two phase children's appropriate distribution is shown, the isotropic condition of a rotator switch realizes achromatism still higher than a rotation condition 90 degrees. Therefore, based on any of the maximum permeability in a shutter ON state, and the maximum cutoff in a shutter OFF state are realized, it chooses whether two or more polarizers are made parallel or it is made to intersect perpendicularly.

**General rotator (General Rotator)**

The achromatism polarization rotator of this invention can be designed that angle of rotation beta of arbitration should be realized.

At the ON state of a general rotator, they are two half-wave length phase children.  $\alpha_1 = \beta/4 + \epsilon$

(1)

Orientation is carried out by  $\alpha_2 = 3\beta/4 - \epsilon$ , respectively. With the gestalt of the 1st operation, one side of the two phase children is pivotable, and another side is passive. In an OFF state, two phase children intersect perpendicularly mutually by changing a pivotable phase child. case the 1st phase child is active -- said -- the 1st phase child --  $\alpha_1'$  -- it changes to  $=\alpha_2 + \pi/2$ . case [ furthermore, ] the 2nd phase child is active -- said -- the 2nd phase child --  $\alpha_2'$  -- it changes to  $=\alpha_1 + \pi/2$ . With the gestalt of the 2nd operation, both the phases child is a variable-phase child, and this variable-phase child has a half-wave length litter dance by the ON state, and has a zero litter dance by the OFF state.

In many applications, 45-degree ( $\pi/4$ ) rotation is desirable. Based on a formula 1, by the ON state, as shown in drawing 5 a, orientation of the two phase children 13 and 23 is carried out to  $\alpha_1 = \pi/16 + \epsilon$ , and  $\alpha_2 = 3\pi/16 - \epsilon$ , respectively. In an OFF state, the 1st phase child is changed to  $\alpha_1' = -5\pi/16 - \epsilon$ , or the 2nd phase child is changed to  $\alpha_2' = 9\pi/16 + \epsilon$ . In the case of which [ these ],  $3\pi/8 + 2\epsilon$  (about 70 degrees) rotation of an optical axis are needed. Rotation of less than about 50 degrees is possible for a smectic liquid crystal cell in a usual state. The mode of this invention is based on an understanding [ differences /  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  ] that only  $\pi/2$  ( $\pi/4$  changes, respectively) of multiples can increase, without changing the function of a rotator. The sign of  $\epsilon$  changes in  $\pi/2$  of odd times. Therefore, formula which defines a still more general rotator  $4 + (-1)^n \epsilon - n\pi$  [  $\alpha_1 = \beta/4$  ] It is  $4 - (-1)^n \epsilon + n\pi$  [  $\alpha_2 = 3\beta/4$  ], and  $n$  is a non-negative integral exponent. In an OFF state, it is based on any of the two phase children are active phase children. It is set to  $\alpha_2' = \alpha_1 + \pi/2$ , or  $\alpha_1' = \alpha_2 + \pi/2$ .

It is  $\beta = 45$  degrees, and in the case of  $n = 1$ , by the ON state, as shown in drawing 5 b, orientation of the two phase children 14 and 24 is carried out to  $\alpha_1 = -3\pi/16 - \epsilon$ , and  $\alpha_2 = 7\pi/16 + \epsilon$ , respectively. In an OFF state, the 1st phase child is changed to  $\alpha_1' = -\pi/16 + \epsilon$ , or the 2nd phase child is changed to  $\alpha_2' = 5\pi/16 - \epsilon$ . Each of these needs  $\pi/8 + 2\epsilon$  rotation of an optical axis. The same orientation of two optical axis in an OFF state is realizable when only  $7\pi/8 - 2\epsilon$  makes it rotate in the direction which conflicts mutually. It can depend for selection of  $n$  and a hand of cut on the tilt angle of the liquid crystal ingredient of arbitration.

Design optimization In the following analysis, the Jones matrix which penetrates the optical field through a two 90 wavelength plate rotator switch (Two-waveplate 90-degree rotator switch) is formed. Subsequently, a specific ON state configuration and a specific OFF state configuration are evaluated based on a general formula. After forming a design formula, the specific example of the shutter which uses CSLC and a polymer ingredient is analyzed. Other angle of rotation can be analyzed based on this approach.

Jones matrix which generally spreads the complex clinical recording cyanogen field amplitude (Complex cartesian field amplitudes) through 2 wavelength-plate structure  $W' = W(\gamma_2, \alpha_2) W(\gamma_1, \alpha_1)$

the general Jones matrix to the linear phase child to whom is given as be alike and  $W(\gamma, \theta)$  has Retardation  $\gamma$  and Orientation  $\theta$  -- namely

$$W(\gamma, \theta) = \begin{pmatrix} \cos \gamma/2 - i \cos 2\theta \sin \gamma/2 & -i \sin 2\theta \sin \gamma/2 \\ -i \sin 2\theta \sin \gamma/2 & \cos \gamma/2 + i \cos 2\theta \sin \gamma/2 \end{pmatrix}$$

It comes out.

In an ON state, the broadband beam of light which carries out incidence and by which the plane polarized light was carried out is ideally rotated to an orthogonal-lines condition. Analysis of an ON state is simplified by assuming being formed from the same ingredient with which two phase children have common main wavelength. Under these conditions, it is retardation. Being able to express by  $\gamma_1 = \gamma_2 = \pi + \delta$ ,  $\delta$  is balking which is dependent on wavelength from an ideal half-wave length litter dance.

the time of two design parameters forming a rotator -- important -- said -- the difference angle between two phase child orientation where two design parameters mainly determine angle of rotation -- that is,  $(\alpha_2 - \alpha_1)$ , it is in the orientation of the bisector which has big effect on the chromaticity of structure,  $/2$  [ i.e.,  $(\alpha_2 + \alpha_1)/2$  ],

it is chosen by the bisector to which orientation of the symmetry arrangement was carried out by  $\pi/4$  based on a reason clear from analysis of Poincare sphere transparency -- namely, --  $\alpha_1 = \alpha$  They are  $\alpha_2 = \pi/2 - \alpha$ . carrying out the multiplication of the two Jones matrices -- an ON state matrix -- namely

$$W' = \begin{pmatrix} a & |b| e^{i\phi} \\ -|b| e^{-i\phi} & a \end{pmatrix} \quad (2)$$



it \*\*\*\*\* -- having -- a companion train -- setting --  $a = \sin^2(\delta/2) + \cos(4\alpha) \cos^2(\delta/2)$   $b = \sin(4\alpha) \cos^2(\delta/2) + \sin(2\alpha)$  -- coming out -- it is -- further -- It is  $\phi = \tan^{-1} [\sec(2\alpha) \tan(\delta/2)]$ . On design wavelength, a Jones matrix is a pure rotator and polarization rotation is twice the magnitude of the include angle between two or more opticals axis. This can be proved by substituting  $\delta = 0$  to the aforementioned matrix.

In 90-degree polarization rotation, it is  $\alpha = (\pi/8 + \epsilon)$ .  $\alpha_1 = \pi/8 + \epsilon$  It is set to  $\alpha_2 = 3\pi/8 - \epsilon$ , and  $\epsilon$  is corniculus to determine. This include angle determines the range with which two or more radii which show conversion by each wavelength plate on the Poincare sphere, respectively lap. In two wavelength which two or more radii cross, it is shown mathematically that the rotator which functions as a rotator 90 perfect degrees can be formed.

Drawing 6 shows the comparison of the transmission function of two or more easy achromatism shutter ON states. the ON state permeability whose conventional CSLC shutter (refer to drawing 1) is the second order in the gap from a half-wave length litter dance -- namely, --  $T(\delta) = 1 - \sin^2(\delta/2)$  (3)

It provides. The transmission function of a formula 3 is graph-ized in drawing 6 A. By using this technique, high contrast is realizable, and this is realized, although the transparency by the ON state is substantial achromatism. The latter prevents the high contrast neutral OFF state in an parallel polarizer configuration. Furthermore, the variation of the small thickness of LC film on opening invites the birefringence color variation which can be checked by looking.

This operation can carry out a direct comparison with an operation of the achromatism rotator structure which uses the Jones matrix of a formula 2. The transparency reinforcement of a rectangular polarizer shutter is given by the off-diagonal component (Off-diagonal component),  $T(\delta, \epsilon) = |b|^2$  [ i.e., ]. This assumes the ideal polarizer (uniform permeability and infinity contrast in alignment with the y-axis) made into the input beam of light which has the uniform amplitude, and which was carried out x \*\*\*\*s y orientation. a transmission function -- a general formula -- namely, --  $T(\delta, \epsilon) = 1 - [\sin^2(\delta/2) - \cos^2(\delta/2) \sin(4\epsilon)]^2$  (4)

It is passed and simplified.

Although KOESUTA considered the rotator of  $\epsilon = 0$  un-achromatizing, it is necessary to note the point of having realized the big improvement compared with the conventional technique the equipment of this invention uses one phase child. the permeability on the strength between two or more polarizers which intersect perpendicularly mutually by substituting  $\epsilon = 0$  to a formula 4 -- namely, --  $T(\delta, 0) = 1 - \sin^4(\delta/2)$  is given.

The transmission function in  $\epsilon = 0$  is plotted by drawing 6 B. This rotator is the point which may penetrate an orthogonal-lines condition completely only in one wavelength, and is similar to one phase child by whom  $\pi/4$  orientation were done. However, a big achromatism compensation is attained by symmetry arrangement of a rotator, and one phase child cannot realize this. That is, although the reorientation of polarization doubles, the elliptically polarized light formed on specific wavelength of one phase child is sharply compensated by the 2nd phase child. This realizes a band [ still larger than one phase child ] of operation so that clearly from force order DIPENDENSU (Fourth-order dependence) to  $\delta$ .

Furthermore, a large band of operation is attained by choosing a non-zero value as  $\epsilon$ , and this increases the requirements for a tilt angle. the following conditions corresponding to two wavelength of 90-degree polarization rotation based on the general transparency type of a formula 4 -- namely, -- The full transparency in  $\sin(4\epsilon) = \tan^2(\delta/2)$  is realized. By substituting this relation to the Jones matrix of a formula 2, the point that a matrix is a matrix of a 90-degree rotator becomes clear apart from the straight-line litter dance of  $2\phi$ . In the case of the achromatism shutter which penetrates the beam of light which inputted the beam of light by which x orientation was carried out, and was carried out y orientation, permeability is 100% theoretically in two wavelength. Furthermore, a polarization condition is changed by retardation  $2\phi$  in a general input.

Furthermore, as a sacrifice in respect of [ about large achromatism bandwidth ] the engine performance, the permeability reduction (Transmission dip) in a phase child's design wavelength is mentioned. This originates in increase of the value of  $\epsilon$  meaning reduction of the rotation effectiveness in design wavelength. By substituting design wavelength to a transmission function, transmission loss in the design wavelength expressed with  $T(0 \text{ epsilon}) = \cos^2(4\epsilon)$  is done.

Based on distribution of the phase child ingredient in an object band, and selection of half-wave length core wavelength, selection of  $\epsilon$  means compromise between bandwidth of operation and maintenance of the rotation effectiveness in design wavelength.

The transmission function in  $\epsilon = 2.5$  degrees is plotted by drawing 6 C. A plot shows clear separation of two or more perfect transmitted wave length and the transmission loss in design wavelength. The example of the rotator switch which uses a distributed ingredient is explained in full detail below that selection of Corniculus  $\epsilon$  should be optimized. In the estimate of corniculus, achromatic condition is  $\epsilon = (\delta/4)^2$  mostly.

the Wu model (Wu's model) (it indicates to Phys.Rev.A33 and 1270[1986]) concerning [ this ] birefringence distribution -- substitution -- possible -- this -- achromatism -- wavelength  $\lambda$  -- the amendment angle

$$\epsilon = \left[ \frac{\pi}{4} \frac{(\lambda_{R,B} \lambda_0 + \lambda^{*2})(\lambda_0 - \lambda_{R,B})}{\lambda_0(\lambda_{R,B}^2 - \lambda^{*2})} \right]^2 \quad (5)$$

as a function of R and B -- namely

\*\*\*\*\* and aforementioned  $\lambda^*$  are the average UV resonance wavelengths of an ingredient, and  $\lambda_0$  is half-wave length design wavelength. Smectic C\* ingredients, such as ZLI-3654 (IMERUKU), have the tilt angle of 25 degrees at a room temperature, and this makes the value of  $\epsilon = 2.5$  degrees possible. By using a formula 5, this realizes ideal effectiveness in  $\lambda_B = 435\text{nm}$  and  $\lambda_R = 615\text{nm}$  (it has 179nm spectrum separation). The desirable maximum of  $\epsilon$  is an include angle which offers  $\lambda_B$  and  $\lambda_R$  in the edge of the request operating range of a rotator. The thing of operating range which two permeability maximums belong inside further is desirable, and the permeability covering the whole operating range serves as max by this. It is  $0 \leq \epsilon \leq 5$  times at a usual state.

In selection of a suitable ingredient, it is necessary to take into consideration distribution of a CSLC ingredient, and the magnitude of distributed adjustment of two ingredients which realize the optimal OFF state engine performance. Be formed when the OFF state of a device makes two half-wave length phase children intersect perpendicularly mutually, and be shown in drawing 3 a.  $\alpha_1 = \pi/8 + \epsilon$   $\alpha_2 = 5\pi/8 + \epsilon$  is given. When two or more phase children who ignore the source of other loss and have the same half-wave length core wavelength and who intersected perpendicularly mutually are assumed, the Jones matrix of an OFF state can be easily explained as a linear phase child who has orientation  $\alpha = (5\pi/8 + \epsilon)$  and retardation  $\delta = (\delta_2 - \delta_1)$ . When two or more phase children's distribution has consistency mutually, an OFF state turns into an ideal situation. In fact, contrast decreases by the spatial variation of the thickness of LC, and lack of the distributed adjustment between an active film and a passive film.

When it forms from two or more ingredients which have birefringence distribution which is mutually different in a rotator (i.e., when the main wavelength of two or more ingredients is not equal), a residual litter dance decreases contrast. The shutter device which consists of the CSLC film and the passive film which have the same half-wave length core wavelength as a mutually different property, respectively is explained in full detail below. It is a litter dance when the Wu model about a birefringence in case each

$$\Delta = \pi \frac{\lambda}{\lambda_0} \left[ \frac{(\lambda^2 - \lambda_0^2)(\lambda_2^{*2} - \lambda_1^{*2})}{(\lambda^2 - \lambda_1^{*2})(\lambda^2 - \lambda_2^{*2})} \right]$$

ingredient has a specific resonance wavelength is used,

Be alike is given and  $\lambda_1^*$  and  $\lambda_2^*$  show the average UV resonance wavelength of two ingredients, respectively. Based on the orientation offered to the OFF state of a shutter, a Jones matrix offers the permeability 2 ( $\delta/2$ ) of the structure between two or more polarizers which intersect perpendicularly mutually on the strength, i.e.,  $\text{TOFF} = 1/2[1 + \sin(4\epsilon)] \sin$ . This formula offers the criteria over the distributed adjustment between two phase children.

Example [ ] 1 explain the design of a visible-ray band shutter in full detail below. This visible-ray band shutter uses an achromatism rotator switch among two or more polarizers which intersect perpendicularly mutually, and has the following engine-performance specifications and material properties.

Liquid crystal:  $\lambda^* = 243\text{nm}$  passivity phase child: Nitto NRF polycarbonate design wavelength which has  $\lambda^* = 186\text{nm}$ :  $\lambda_0 = 500\text{nm}$  spectral range : permeability Contrast-ratio: 100:1 min which exceeds 97% in 430-680nm By using the aforementioned contents of analysis, it can be said that CSLC which modulates orientation between 65 degrees (ON) and 115 degrees (off) is suitable. Orientation of the passive phase child film (passive phase contrast film) is carried out at 25 degrees to the input polarizer. Drawing 7 and drawing 8 show the ON state and OFF state which were formed of Computer modeling based on the aforementioned numeric value, respectively.

When the aforementioned selection of  $\epsilon$  (2.5 degrees) is used, permeability reduction is 3% in design wavelength. Achromatism bandwidth is defined by the blue / red wavelength of the extremal value



corresponding to 3% loss in permeability. As shown in drawing 7, this is generated in the wavelength which exceeds 415nm and 700nm, respectively, and this supports the achromatism bandwidth of the magnitude which exceeds 285nm. The conventional CSLC shutter which has a core in 500nm for the purpose of a comparison has 97% bandwidth of 70nm (the range of 469-539nm). Compared with an easy CSLC shutter, this increases achromatism bandwidth by 4 or more times.

Drawing 8 shows the computed OFF state permeability. What this result was maintained by the value to which contrast exceeds 500:1 over 177nm (range which is 455-632nm), and was maintained for by the value which exceeds 200:1 over the range (range which exceeds 438 to 700nm) which exceeds 262nm is shown. By long wave length, contrast falls gently from design wavelength. However, it originates in the remarkable increase and the distribution of sensibility to wavelength, and the rapid fall of contrast is generated in the blue wavelength of extremal value. For example, in 38nm (the range of 438-400nm), contrast fell from 200:1 to 36:1. This can be somewhat compensated if needed by decreasing design wavelength.

The achromatism shutter was verified by experiment that the engine performance predicted based on Computer modeling should be checked. The CSLC device was formed using ZLI-3654 ingredient currently sold from IMERUKU. Spin coating of the substrate of the thickness of 44mil covered with ITO (indium stannic-acid ghost) was carried out by nylon 6/6, and rubbing processing was further carried out to the one direction after annealing. Two or more glass spacers which have the diameter of 1.9 microns were sprinkled to homogeneity over the whole front face of one substrate, and ultraviolet-rays hardenability adhesives were printed on the inside of the substrate of another side. The gap was formed among two or more substrates by applying a uniform pressure and subsequently performing ultraviolet curing processing. The CSLC ingredient was poured into the bottom of a vacuum within the isotropic phase using capillarity, and, subsequently it cooled slowly to C\* phase. Two or more lead wire was attached in ITO after cooling, and edge sealing of the device was carried out. The CSLC cel had the half-wave length litter dance in about 500nm.

It is the Oli El quartz halogen lamp (Oriel quartz halogen lamp) about a semi- parallel ray. since -- it irradiated and structure was inspected by subsequently analyzing the transmitted light using an undoing spectrum analyzer system. Incidence of the broadband input beam of light by which the plane polarized light was carried out was carried out, and the parallel Gulan-Thompson polarizer was used that an output should be analyzed. above \*\*\*\* for instruments -- by things, where a polarizer is inserted, the source was analyzed first and, subsequently was stored. The switch was inserted in between two or more polarizers, and it rotated mechanically during 1Hz modulation until high contrast was obtained further. An output shows the description of a device, and loss by two Fresnel sides and two ITO films.

Before the assembly to an achromatism rotator, the liquid crystal device was used that the result on the theory shown in drawing 2 should be verified. The device was changed between the ON state and the OFF state among two or more polarizers each other arranged in parallel. The device was driven by the 5-volt 1Hz square wave during the scan of a spectrum that DC drift in a molecule director's orientation should be prevented. Since two or more polarizers of each other are arranged in parallel, a spectrum is in the OFF state which realizes achromatism as it is reversed to drawing 2 and is shown in drawing 9 a. Since a device was a half-wave length phase child in one wavelength, high contrast and null were checked by 500nm, and big leakage was checked in other visible-ray wavelength.

Subsequently, the CSLC device was assembled to the achromatism rotator. The device has been arranged into the light box which has two or more polarizers arranged by intersecting perpendicularly mutually, and a fluorescence back light. It was made to rotate by using a 5-volt amplitude signal until it modulated a device by the square wave by 20Hz and a zero flicker was accepted.

This supports the symmetry change of the molecule director about a polarizer. Subsequently, the device was fixed in this orientation and whenever [ browning governing ] was decreased to less than 1Hz. The output was measured stationing the NRF polycarbonate phase child (phase contrast plate) (half-wave length in 500nm) who has the adhesives currently sold from Nitto at the rear face to up to a device, and rotating a child in phase. When two or more phase children were made to intersect perpendicularly mutually, a high contrast neutral and null were detected. The polarity of another side formed the neutral ON state. By changing an analyzer to an parallel polarizer configuration, the neutrality and contrast of a condition of another side were detected. Ideally, a 90-degree rotation condition forms high contrast and null among two or more polarizers each other arranged in parallel. When both conditions satisfied requirements, the CSLC substrate was washed in IPA and the phase child was attached. This was realized by pressing a film mechanically with a roller from the edge that while should prevent enclosure of air bubbles. The device was analyzed after this process using the aforementioned diagnostic setup.

Drawing 9 b and drawing 10 show the parallel polarizer permeability of an achromatism rotator. In case a rotator switch is a 90-degree rotator, the OFF state of a shutter is realized by using an parallel polarizer. The ON state supports direction configurations (Crossed retarder isotropic configuration), such as a rectangular phase child. The OFF state is well adjusted with the result of the model shown in drawing 7 (reversal).

Drawing 9 b shows two Nur wavelength predicted in design analysis, and the leakage in design wavelength. Two null realizes the engine performance superior to the modulator which uses one phase child who shows drawing 9 a. The leakage in design wavelength and a band edge of operation is 3%, and this improves the engine performance over all visible-ray spectrums. Furthermore, in the case of a narrow band of operation, it is usable in still smaller epsilon, and this realizes the still higher engine performance. It is  $\epsilon \leq 3$  times at a usual state, and is  $\epsilon = 0$  in a very narrow band of operation. Drawing 10 shows the ON state and OFF state of a device which are located among two or more parallel polarizers. Since two or more phase children intersect perpendicularly mutually and are stationed, they can expect the high permeability of an ON state. The modulation of the transmission in an ON state and increase of the loss in blue originate in the Fabry-Perot enhancement (Fabry-Perot enhancement) of ITO film absorption.

Example [ ] 2 the achromatism in the main, still longer wavelength which invites a sharp reduction of CSLC distribution -- by use of a shutter, many bands of operation are possible. For example, computed 97% permeability bandwidth in the shutter which has a core in 600nm is about 400nm (the range of 480-880nm). It is [ whether the 97% permeability bandwidth of a CSLC shutter easy on the other hand is slight, and ] 150nm (the range of 540-690nm). The long wavelength achromatism rotator which has the design wavelength of 730nm was formed like what was indicated for Example 1.

Drawing 11 and drawing 12 show the permeability with which the achromatism rotator arranged among two or more polarizers each other arranged in parallel was detected, respectively. The shutter was optimized that high parallel polarizer effectiveness in 600-850nm band should be realized. Drawing 12 showed the leakage of less than 1% over this whole band.

Device application The achromatism shutter of this invention is usable to the application represented by a CCD camera, an eye protective device (Eye protection systems), the glass of a virtual reality system, the 3 color shutter in a field sequential type display (Three-color shutters), beam SUTERA (Beamsteerers), diffraction OPUTIKUSU (Diffractive optics), and increase of the brightness of LC flat panel display.

The achromatism rotator is usable to a switch and a polarization independent switch (Polarization independent switches) with a polarization splitter. When the rotator switch which has the polarization splitter 41 shown in drawing 13 is used, outgoing radiation of the broadband beam of light is carried out from either of the two ports by choosing the polarity of the electric field to impress. Drawing 13 shows the longitudinal section of two or more components with a rectangle box, respectively. The litter dance and orientation of a birefringence component are shown in the upper part and the lower part of a box, respectively. When two or more components can be rotated between two or more orientation, a comma divides and shows both orientation in a box. In case it originates in the neutrality of a rotator and a rectangular polarizer output forms a bright (dark) condition, the output of an parallel polarizer forms a dark (bright) condition. Furthermore, it is [ that the modulation between the ON state of two or more adjoining pixels and an OFF state should be carried out ] usable in the patternized polarizer (Patterned polarizer) by using the device which does not have the patternized electrode.

In much display applications, it is usable to a multiple pixel array at the transparent mode which shows an achromatism shutter to drawing 14. In drawing 14, the CSLC cel is formed between two substrates 50 and 60. An electrical potential difference is a transparent electrode 70 and the pixel-ized transparent electrode (Pixellated transparent electrode).

It is impressed through 80. The pixel-ized electrode can activate two or more pixels separately. In the gestalt of this operation, two polarizers 30 and 40 lie at right angles mutually. An array is irradiated by the back light assembly and its collimation with a lens is possible for this back light assembly. The display was observed about permeability.

Many devices known in the technical field concerned can improve by using the achromatism rotator of this invention. one phase child -- the achromatism of this invention -- as the criteria for permuting by the rotator switch -- said -- one phase child is a half-wave plate, or it is necessary to function as a polarization rotator (example: twist nematic cel) furthermore -- said -- one phase child requires being arranged in the location in the device in which input polarization turns into the linearly polarized light, and known orientation is shown.

The achromatism rotator switch of this invention fits especially the application that needs the digital change of a broadband beam of light between known input polarization orientation and output polarization



orientation. Therefore, this achromatism rotator switch fits especially use within the device which adjoins a linearly polarized light child and has this switch. Although it is the same as the achromatism variable-phase child and functional target in shutter application, it is not necessary to make a rotator replaceable with a variable-phase child. For example, when an input polarization condition is unfixed, a rotator switch may not function appropriately as an achromatism switch between two or more passive phase contrast plates. Since the achromatism of a rotator switch may increase the throughput covering the whole visible-ray spectrum, and color contrast (this color contrast determines saturation), especially this achromatism is effective for a color filtering device. In the polarization interference filter currently indicated by U.S. Pat. No. 5,132,826, No. 5,243,455, and No. 5,231,521, the pivotable smectic liquid crystal phase child and the passive birefringence component by which orientation was preferably carried out at 45 degrees, respectively are arranged between the polarizers of a pair. In the split component polarization interference filter of U.S. Pat. No. 5,528,393, the main phase child (Center retarder) by whom orientation was done at 0 times or 90 degrees, and the split component phase child of the pair by which orientation was carried out at 45 degrees are stationed between the polarizers of a pair. The pivotable liquid crystal phase child is added to the split component or the main phase child. Each pivotable liquid crystal phase child of the aforementioned polarization interference filter is as replaceable as the achromatism rotator switch of this invention. the [ international patent application ] -- the liquid crystal enantiomorph switch (Liquid crystal handedness switch) and color filter which are indicated by PCT/US 94/No. (the [ international patent application public presentation ] WO 95/No. 10065) 11326 -- the achromatism of this invention -- it is improvable by using a rotator. A circular polarization of light enantiomorph switch (Circular polarization handedness switch) contains the quarter-wave length plate by which orientation was carried out to the linearly polarized light child and the liquid crystal half-wave length phase child pivotable between 0 times and 45 degrees at 45 degrees. A color filter uses an enantiomorph switch with one or more color polarizers, such as a cholesteric circular polarization of light child. It is as replaceable as the achromatism rotator switch of this invention in the easy pivotable liquid crystal phase child currently explained in full detail in enantiomorph switch invention.

Furthermore, the achromatism rotator switch is [ that the color shutter which uses a linearly polarized light switch should be improved ] usable. A linearly polarized light switch contains the 1st linearly polarized light child and a half-wave length phase child pivotable between 0 times and 45 degrees. The 2nd linearly polarized light child is prepared following the linearly polarized light switch that a color shutter should be formed. Inside it is the 1st linearly polarized light child and the 2nd linearly polarized light child, either at least is a straight-line color polarizer (Linear color polarizers). a straight-line color polarizer -- the [ international patent application public presentation ] -- they may be the multicolor linearly polarized light child currently indicated by WO 95/No. 10065 or a polarizer phase child stack (it Polarizer retarder stack and omits and PRS is called) color polarizer. A multicolor polarizer film penetrates a color in accordance with one polarization shaft, and penetrates the white light in accordance with the polarization shaft of another side. That the color polarizer which penetrates a different color in accordance with each shaft should be formed, two films are made to intersect perpendicularly mutually, and can be laminated. PRS has a linearly polarized light child and two phase children or more. In this PRS, the quantity of the phase child in a stack, and litter dance and orientation of a child in phase are set up that an additive-primary-colors spectrum (Additive primary color spectrum) should be penetrated in accordance with the 1st polarization shaft, and a complementary subtractive-primaries spectrum (Complementary subtractive primary color spectrum) should be penetrated in accordance with the 2nd polarization shaft which intersects perpendicularly with the 1st polarization shaft. It is indicated by the United States patent application 08th for which it applied on May 23, 1995 / No. 447522, and a PRS technique is this United States patent application 08th / No. 447522.

\*\*\*\*\* should be indicated in this detail letter with this indication The rotator switch of this invention can be used as a substitute of the easy CSLC polarization switch currently indicated by the United States patent application 08th / No. 447522 and an achromatism half-wave length switch.

The achromatism rotator switch of this invention can be used that other color filters known in the technical field concerned represented by the color filter currently indicated by U.S. Pat. No. 5,347,378 [ / else / C / hand ] and U.S. Pat. No. 5,089,905 by SASAKI, respectively should be improved. These color filters have a linearly polarized light child and a pivotable liquid crystal phase child. In the gestalt of some operations, this color filter has a multicolor polarizer. With the gestalt of other operations, this color filter has further the 2nd linearly polarized light child and passive birefringence component. The easy pivotable liquid crystal phase child currently indicated by these reference is as replaceable as the achromatism rotator switch of this

invention.

A time multiplexer is possible for the color filter which uses the rotator switch of this invention. In this case, an output color is changed with a time scale quicker than a detector with slow rates of reaction, such as people's eye. Furthermore, a color filter may have the stage of the quantity which exceeds one. In this case, a stage begins from a linearly polarized light child.

the achromatism of this invention -- a rotator switch and achromatism -- a majority of other applications of a shutter become clear easily for this contractor, and are contained within the limits of this invention.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

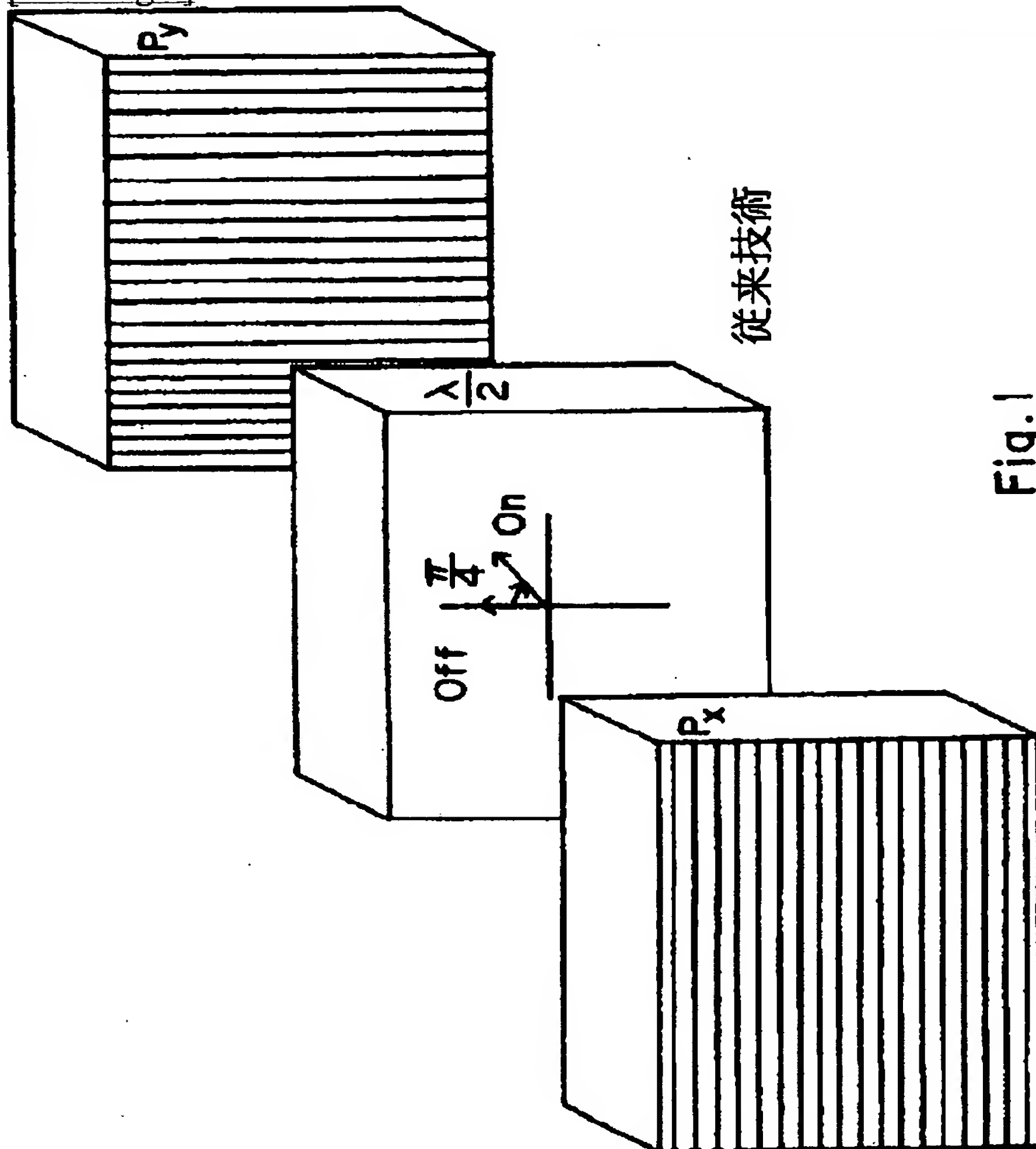
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DRAWINGS

---

[Drawing 1]



[Drawing 2]



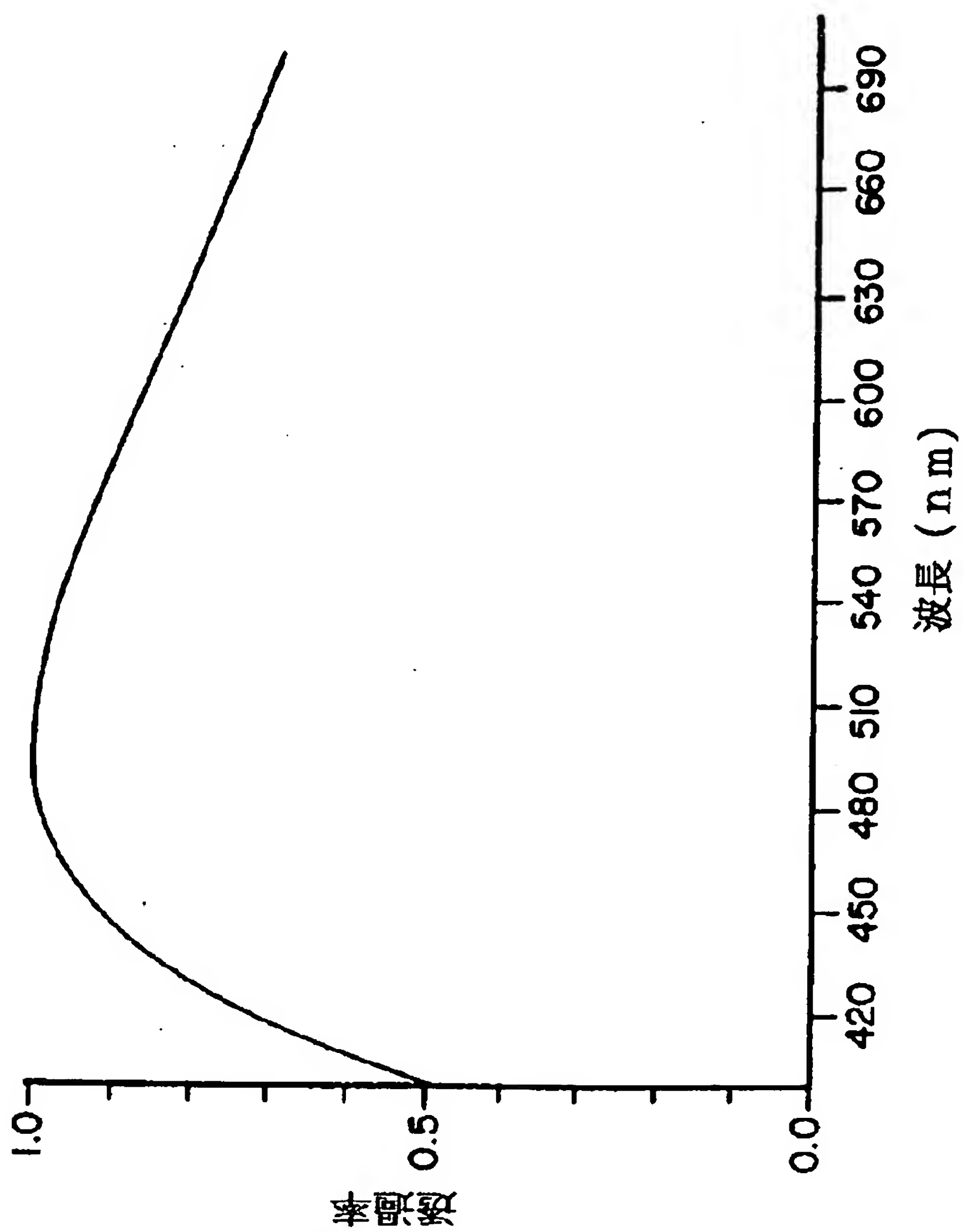


Fig. 2

[ Drawing 3 a ]

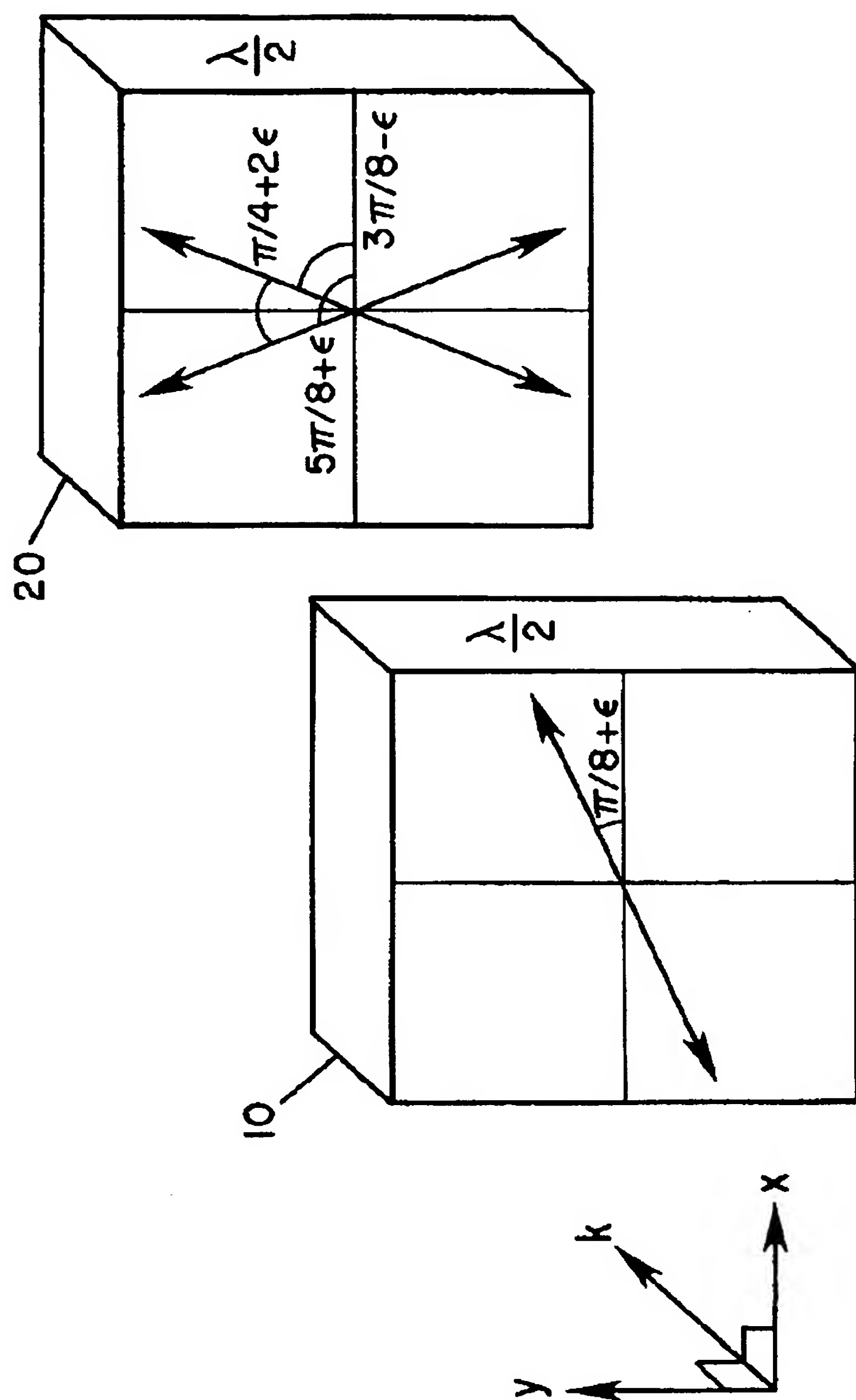


Fig. 3a

[Drawing 3]

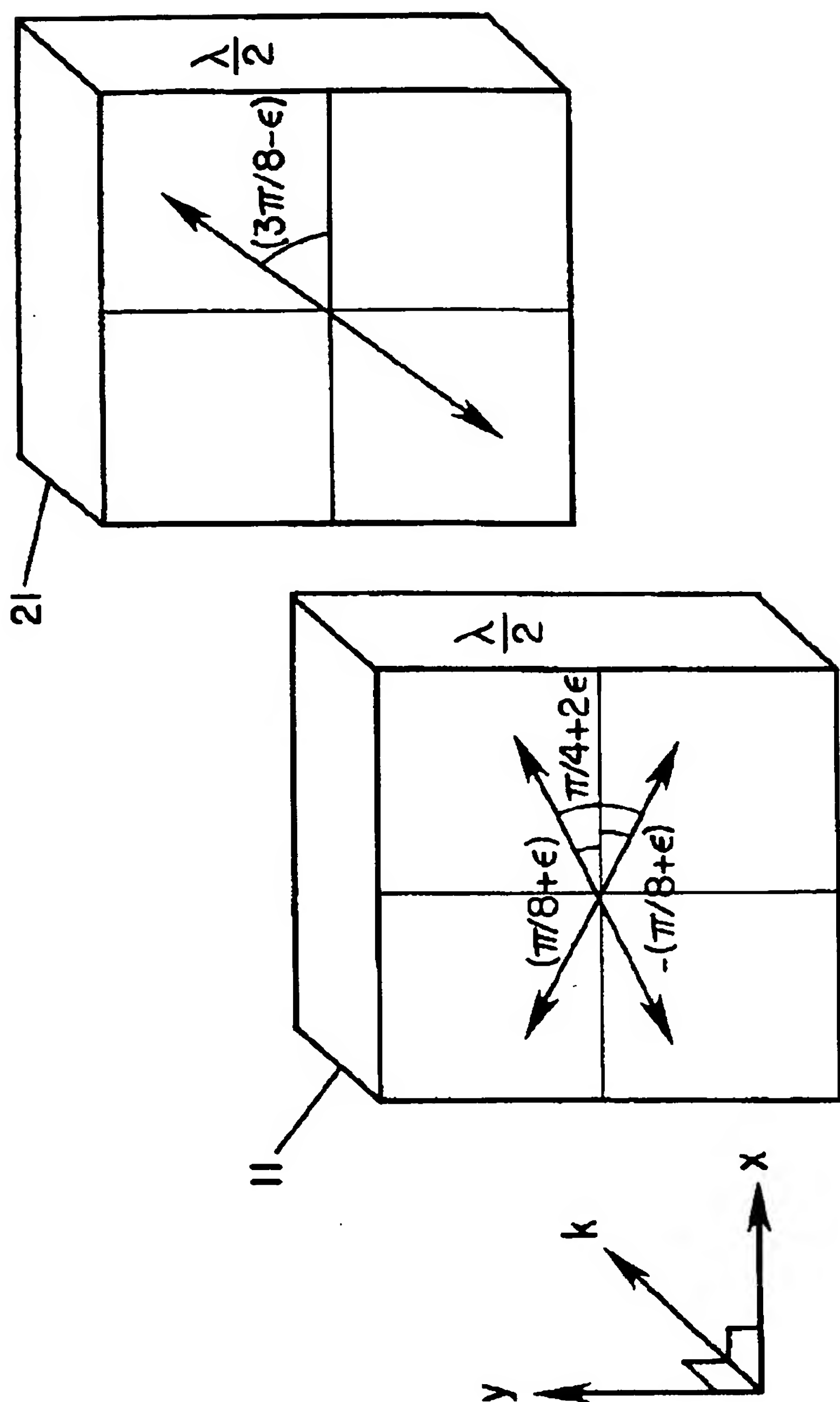


Fig. 3b

[Drawing 3]

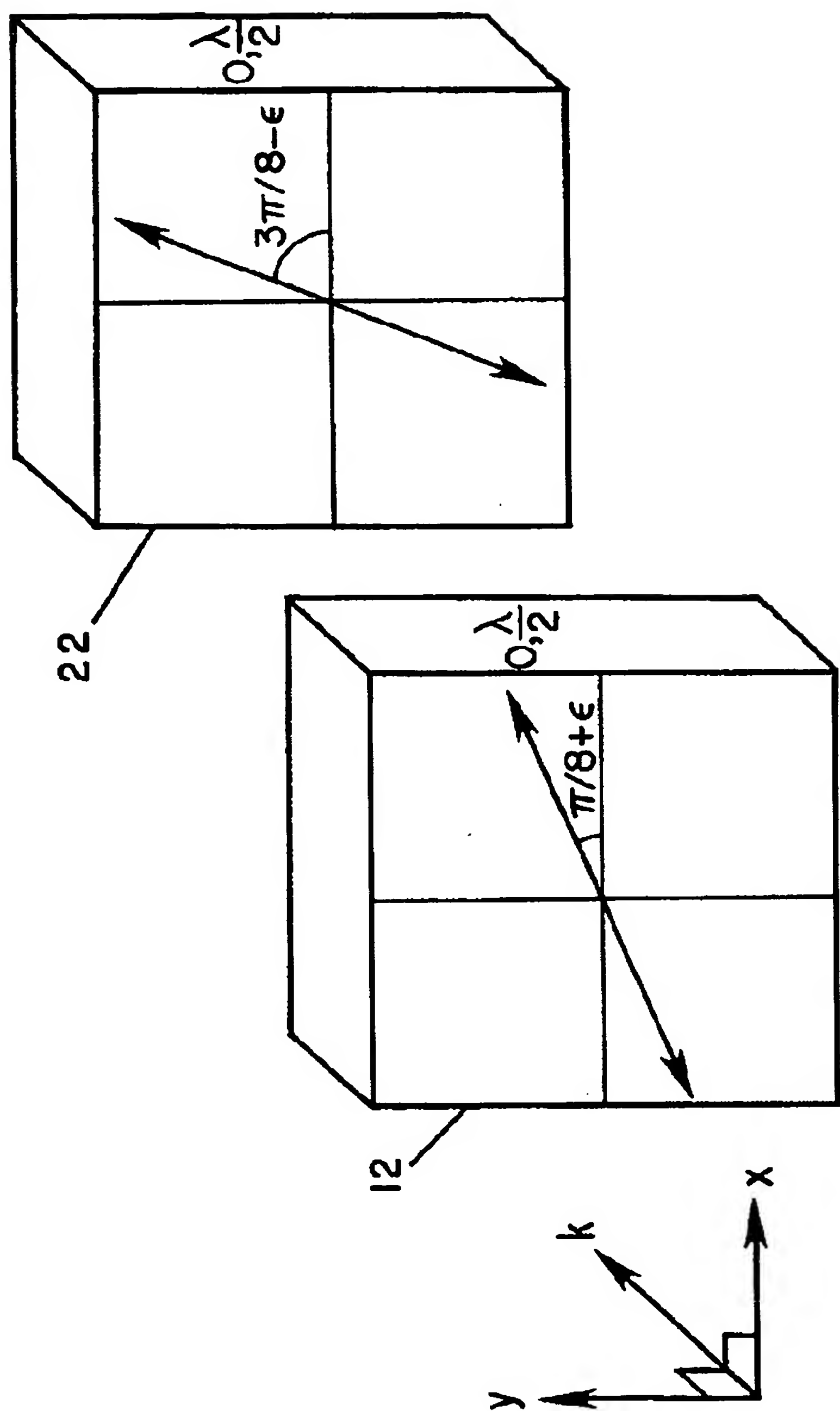
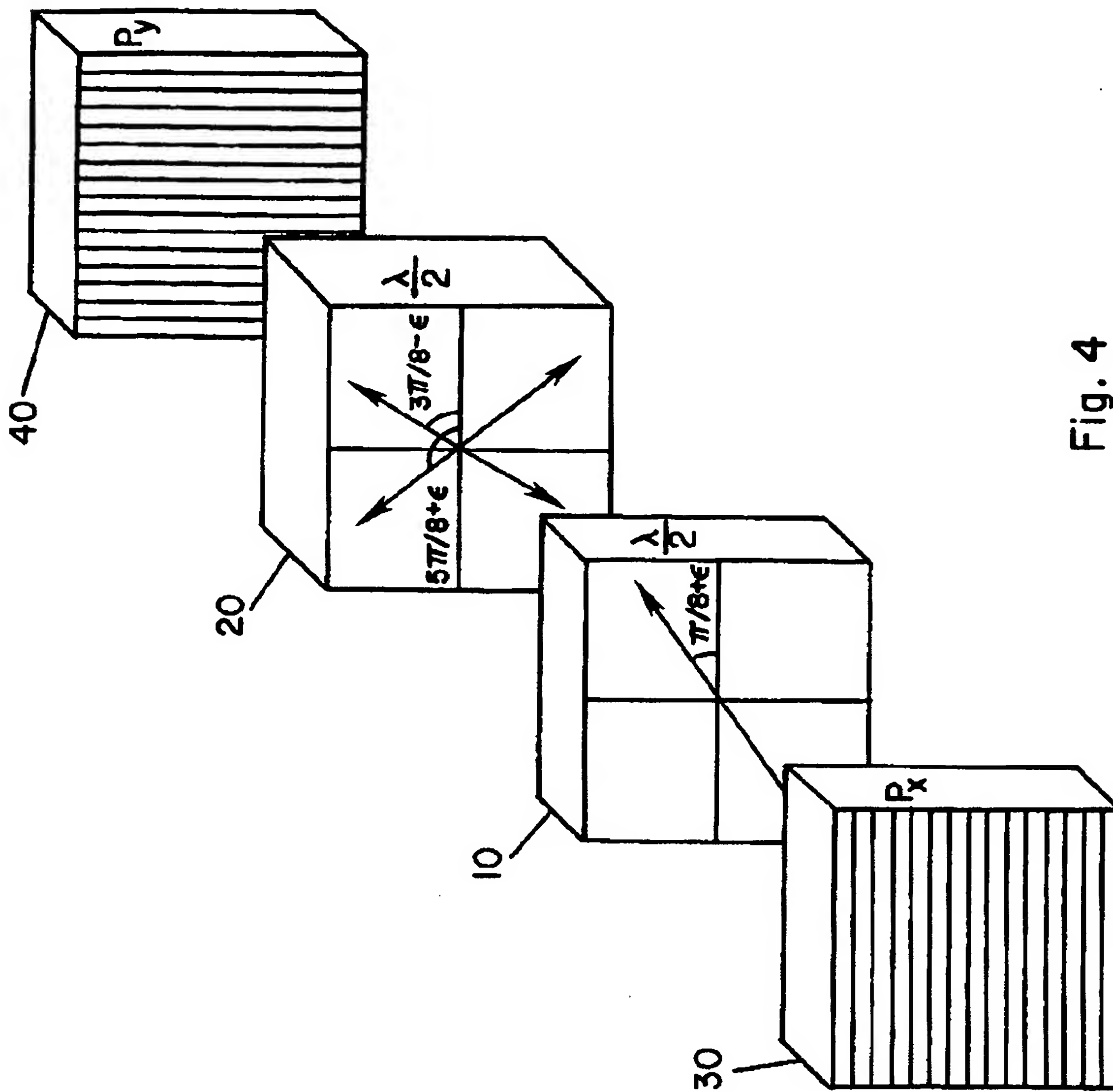


Fig. 3c

[Drawing 4]



[Drawing 5]

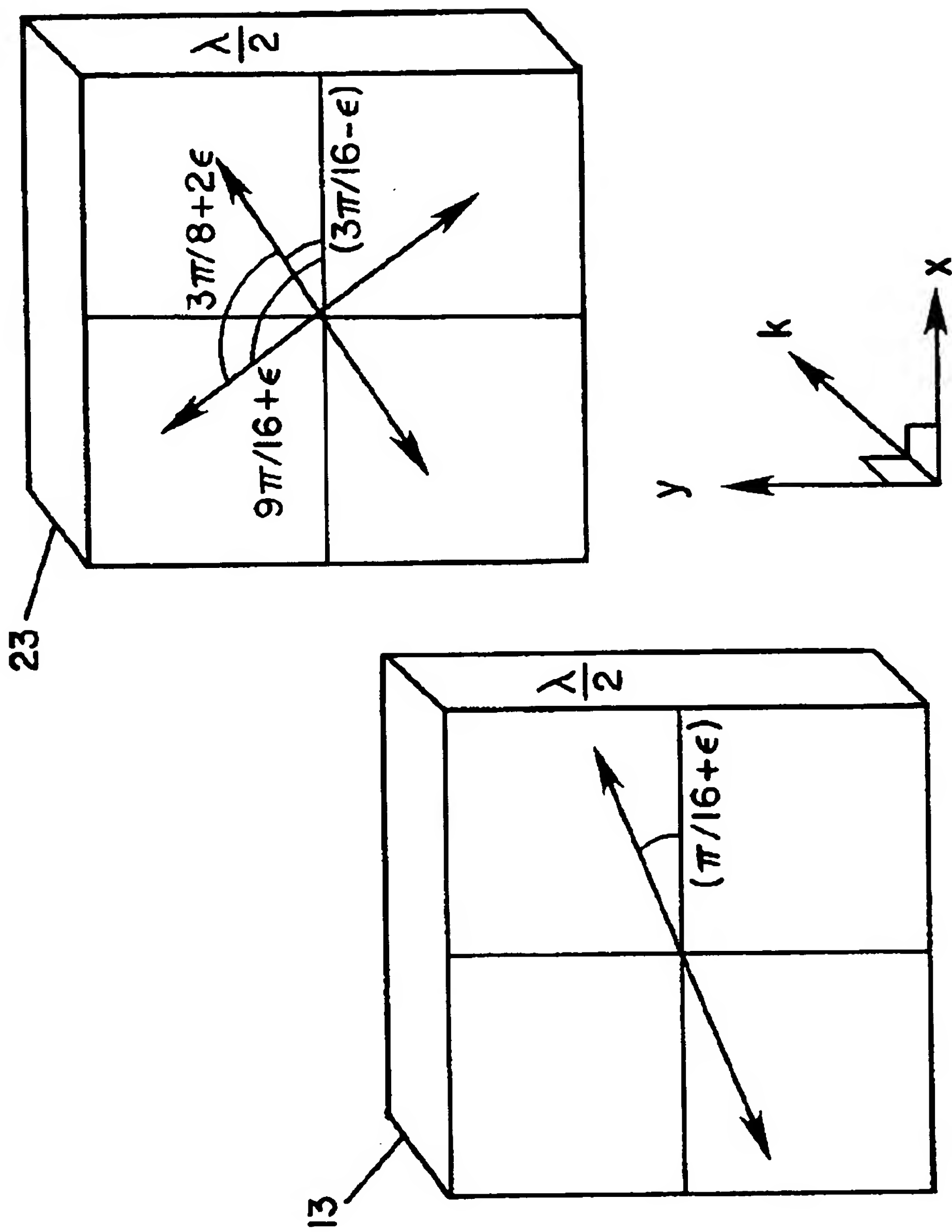


Fig. 5a

[Drawing 5]

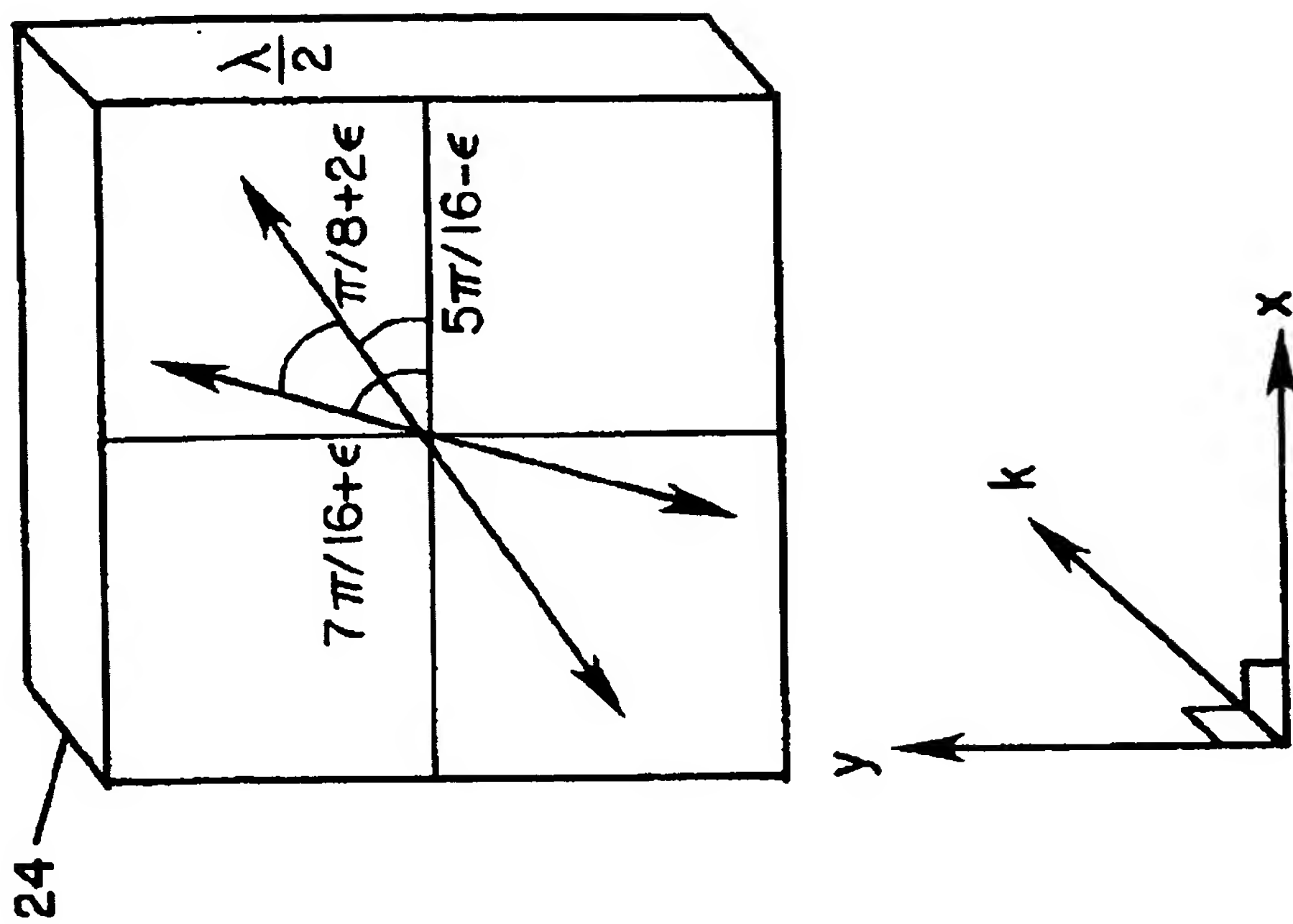
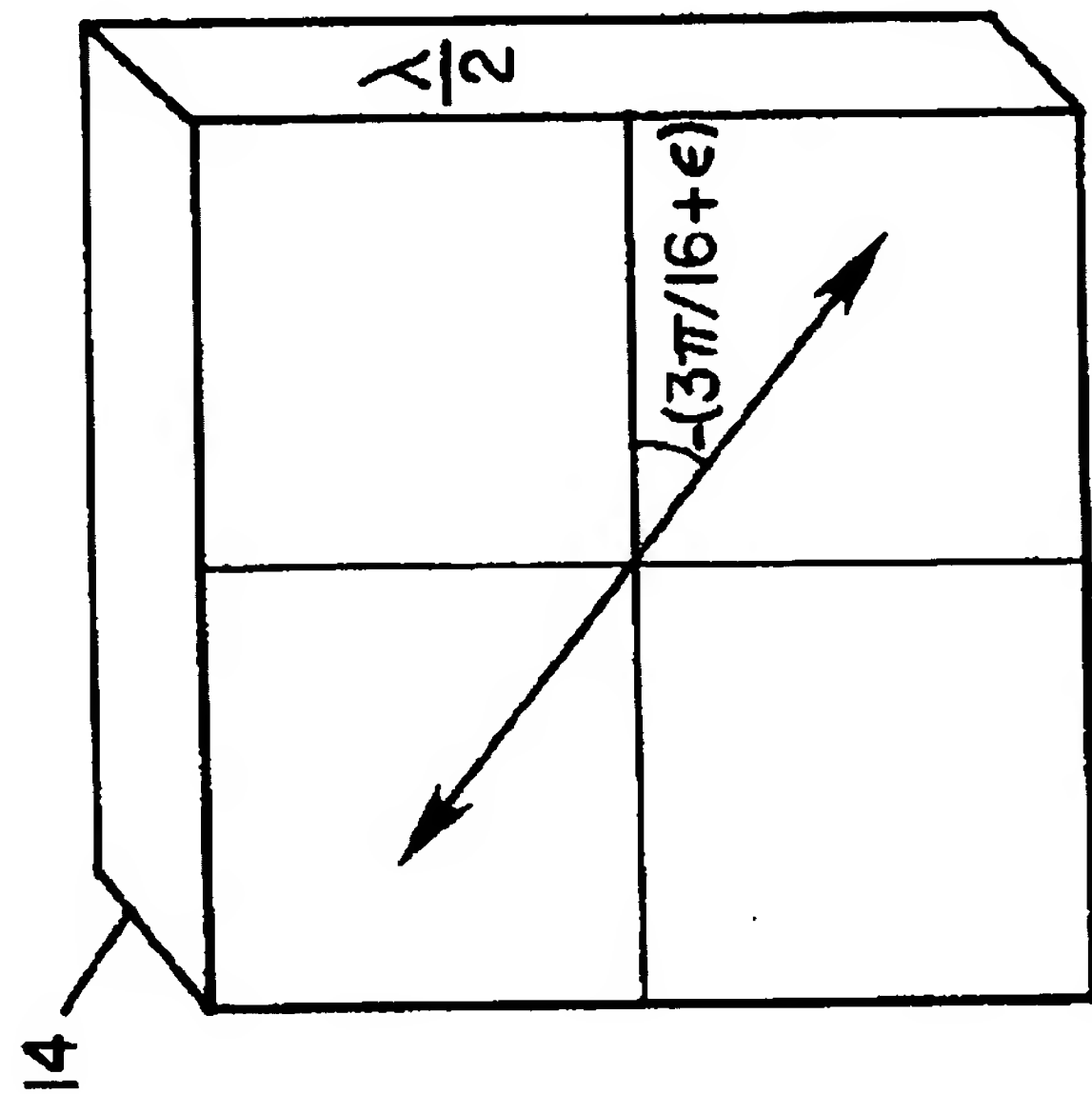


Fig. 5b



[Drawing 6]



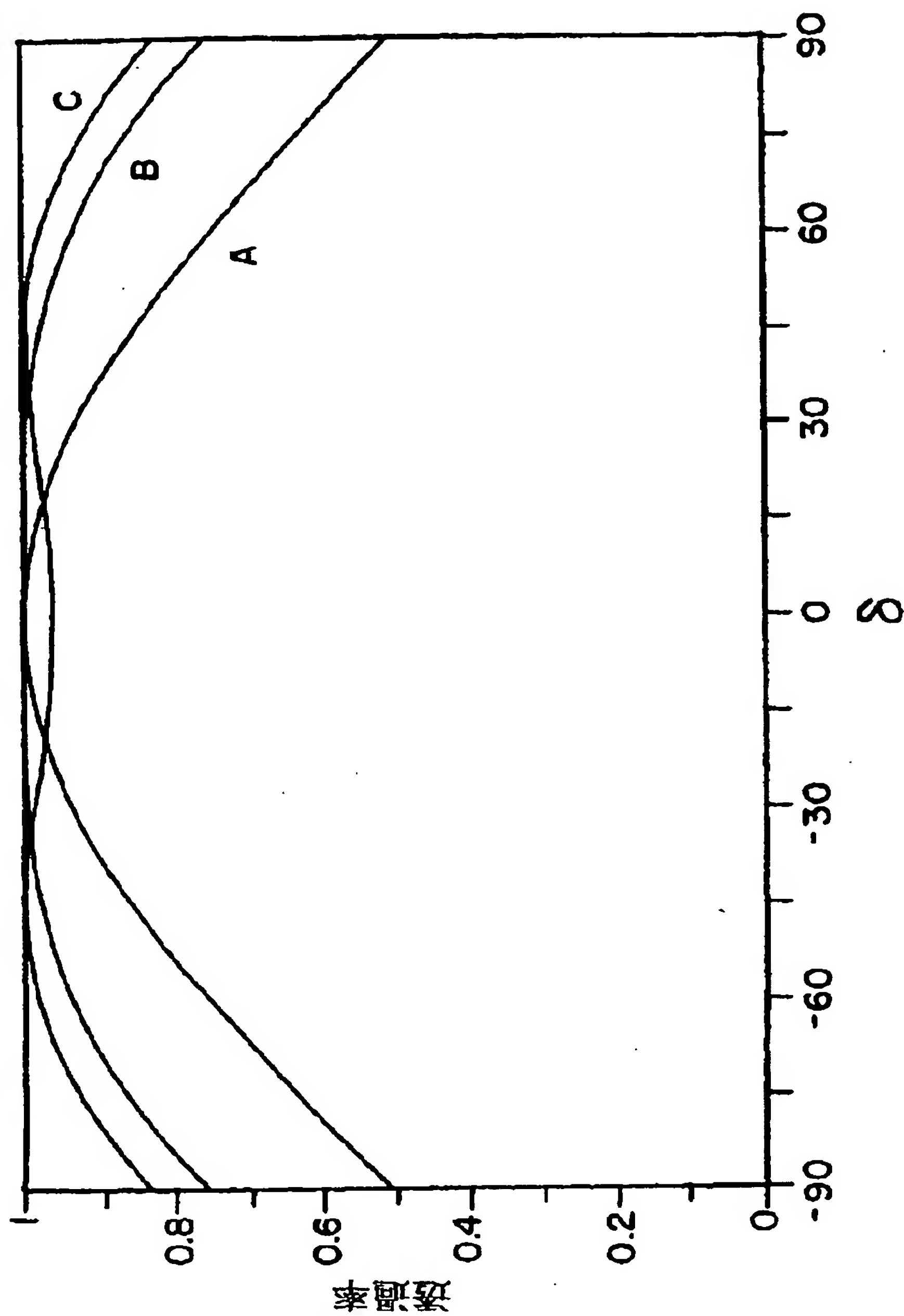


Fig. 6

[Drawing 7]

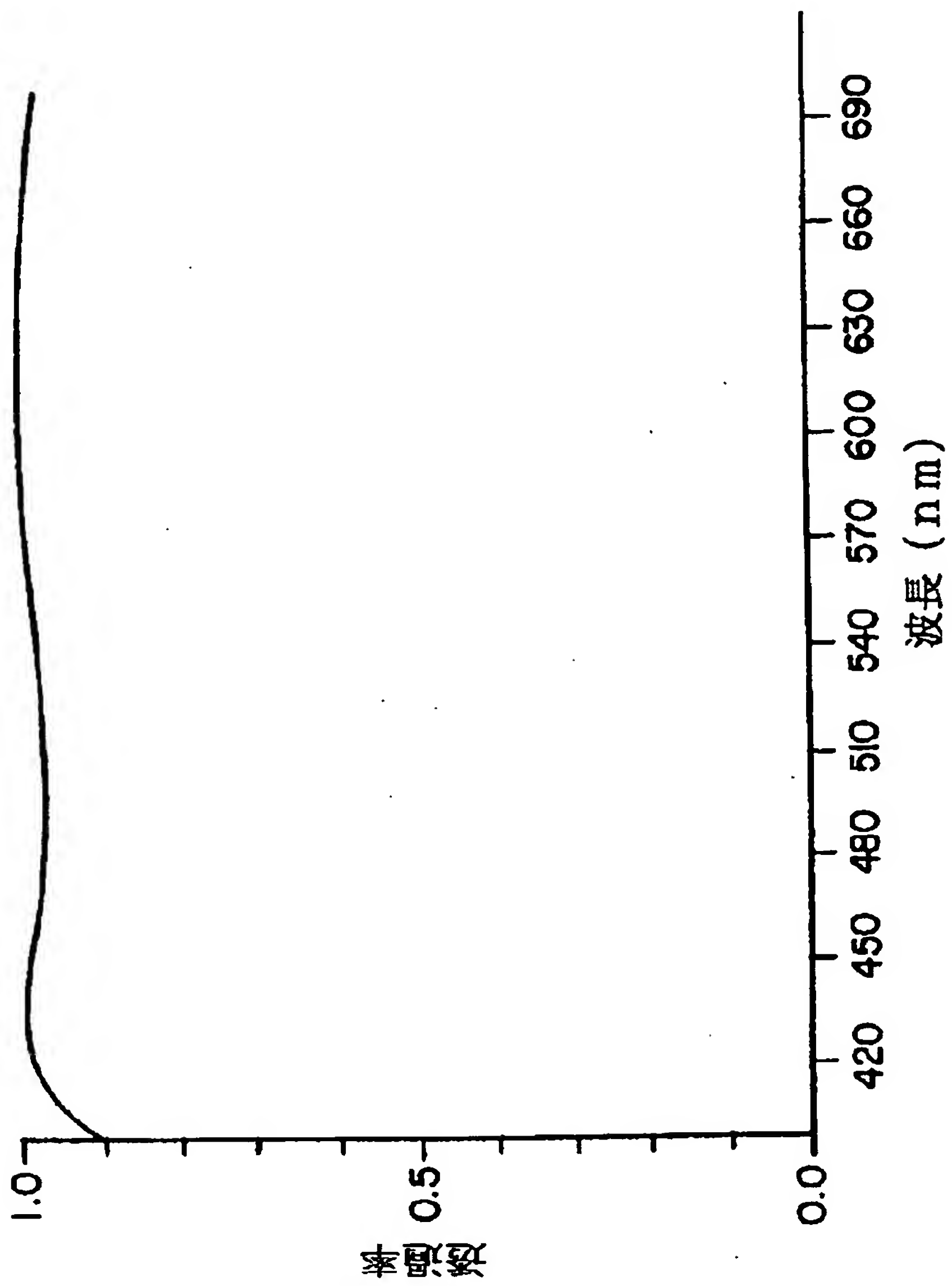


Fig. 7

[Drawing 8]

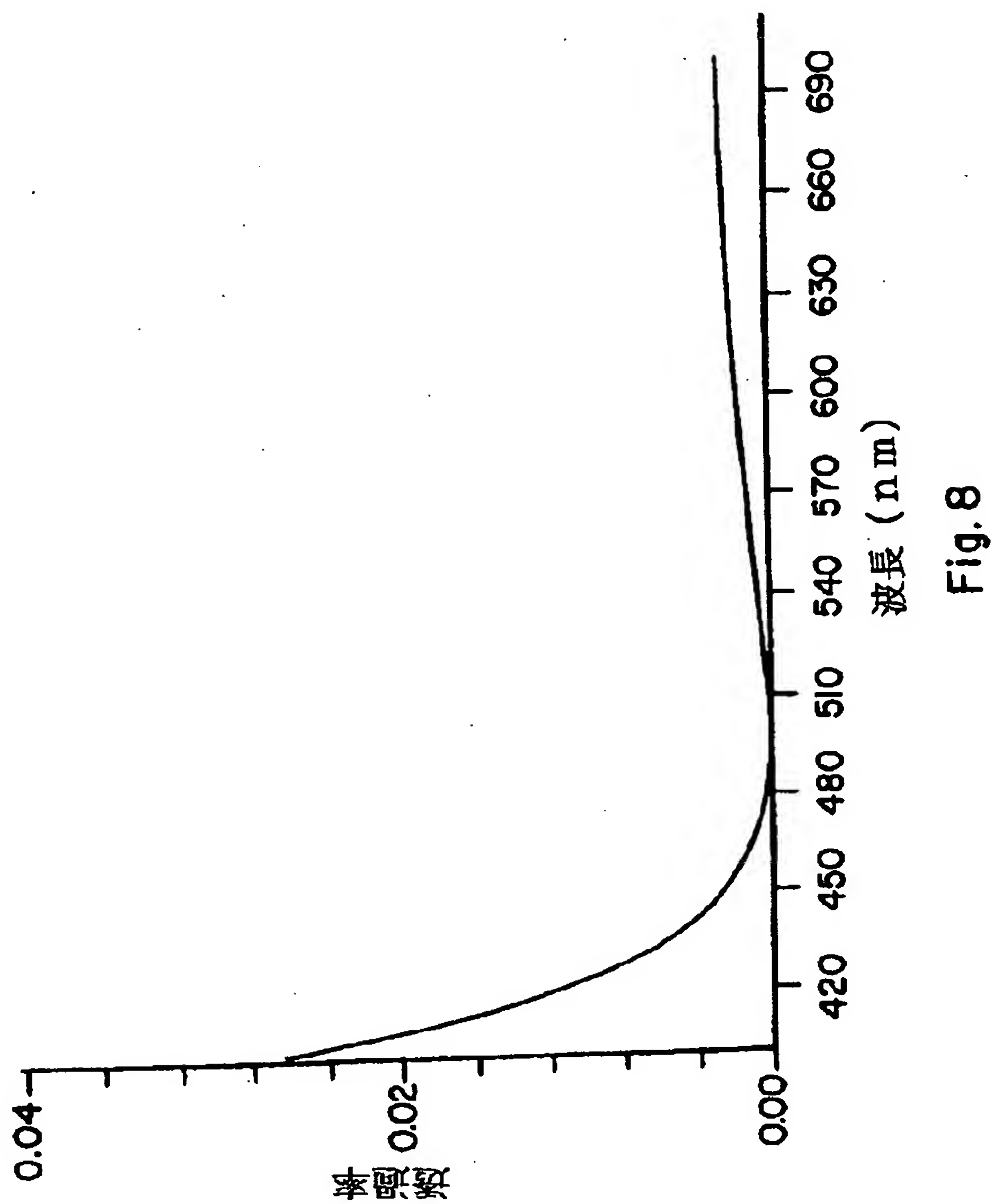
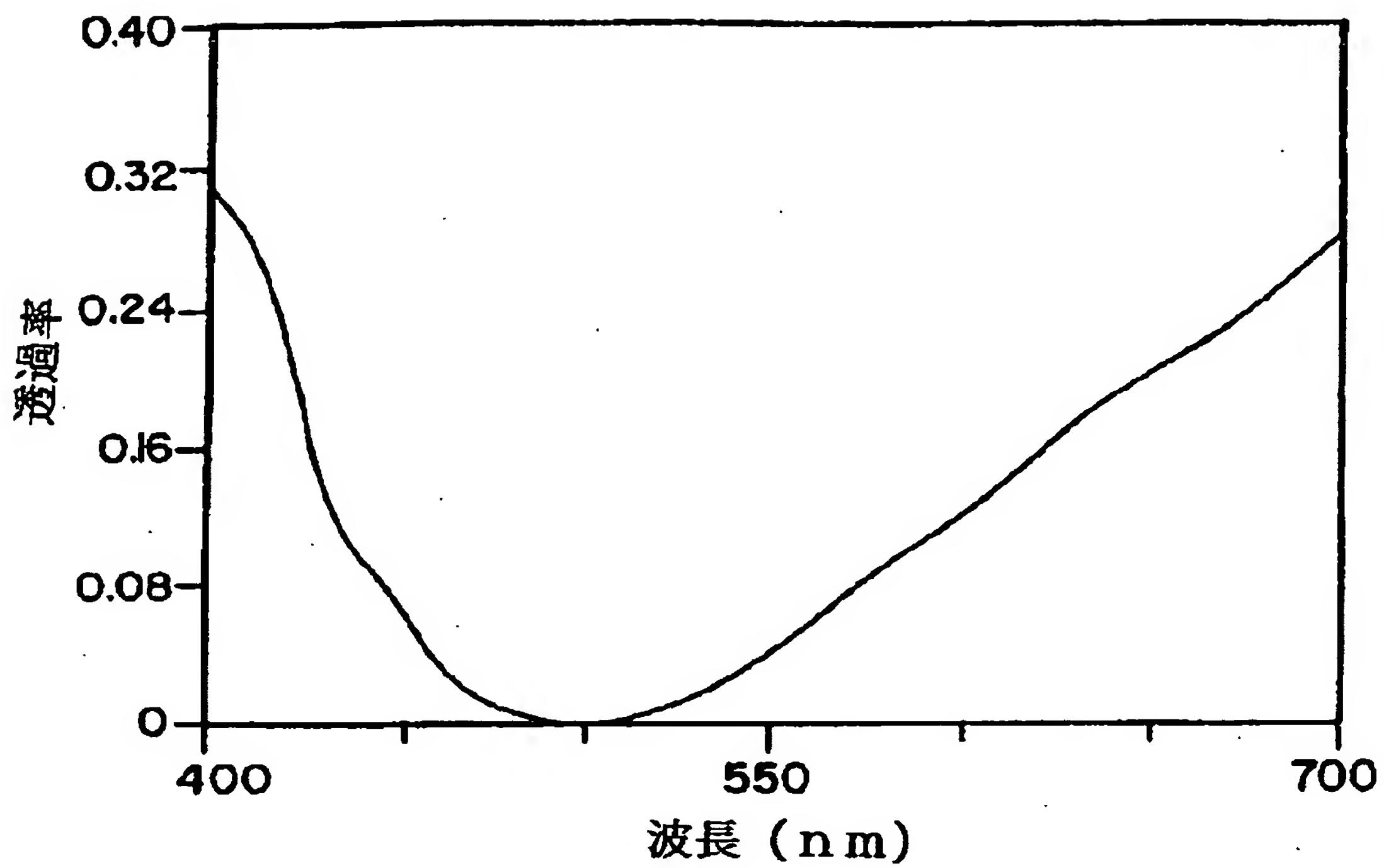
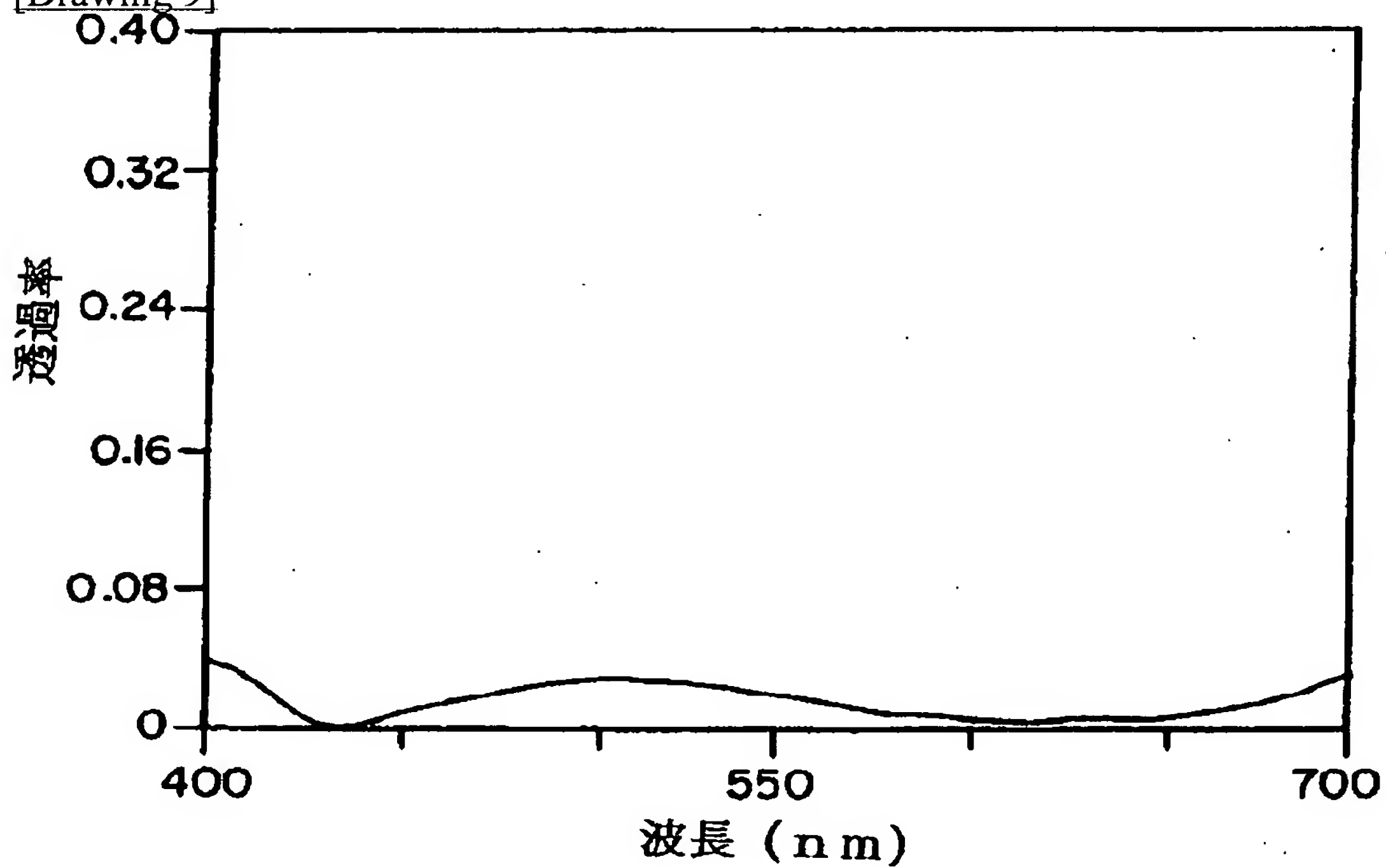


Fig. 8

[Drawing 9]

**Fig.9a**

[Drawing 9]

**Fig. 9b**

[Drawing 10]

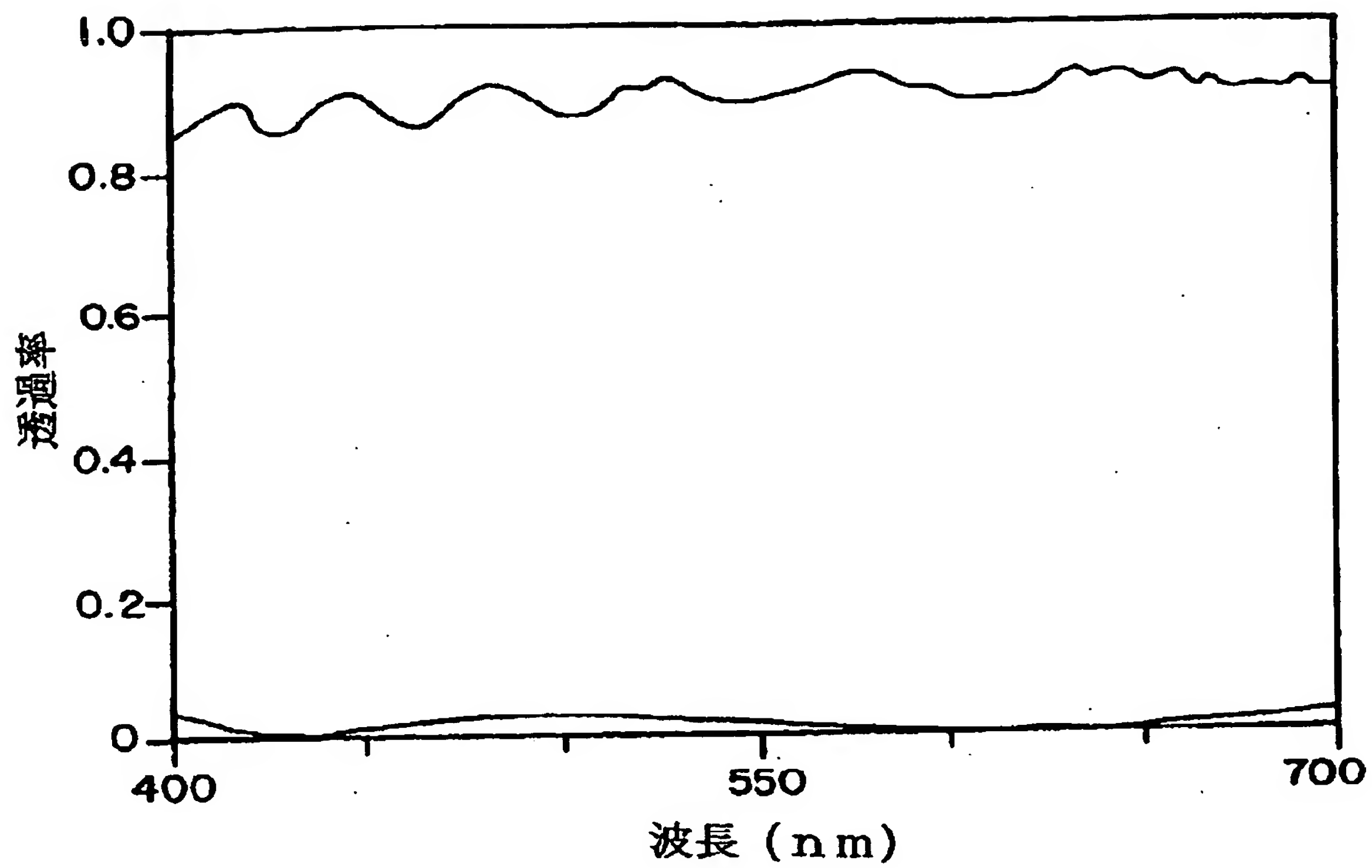


Fig. 10

[Drawing 11]

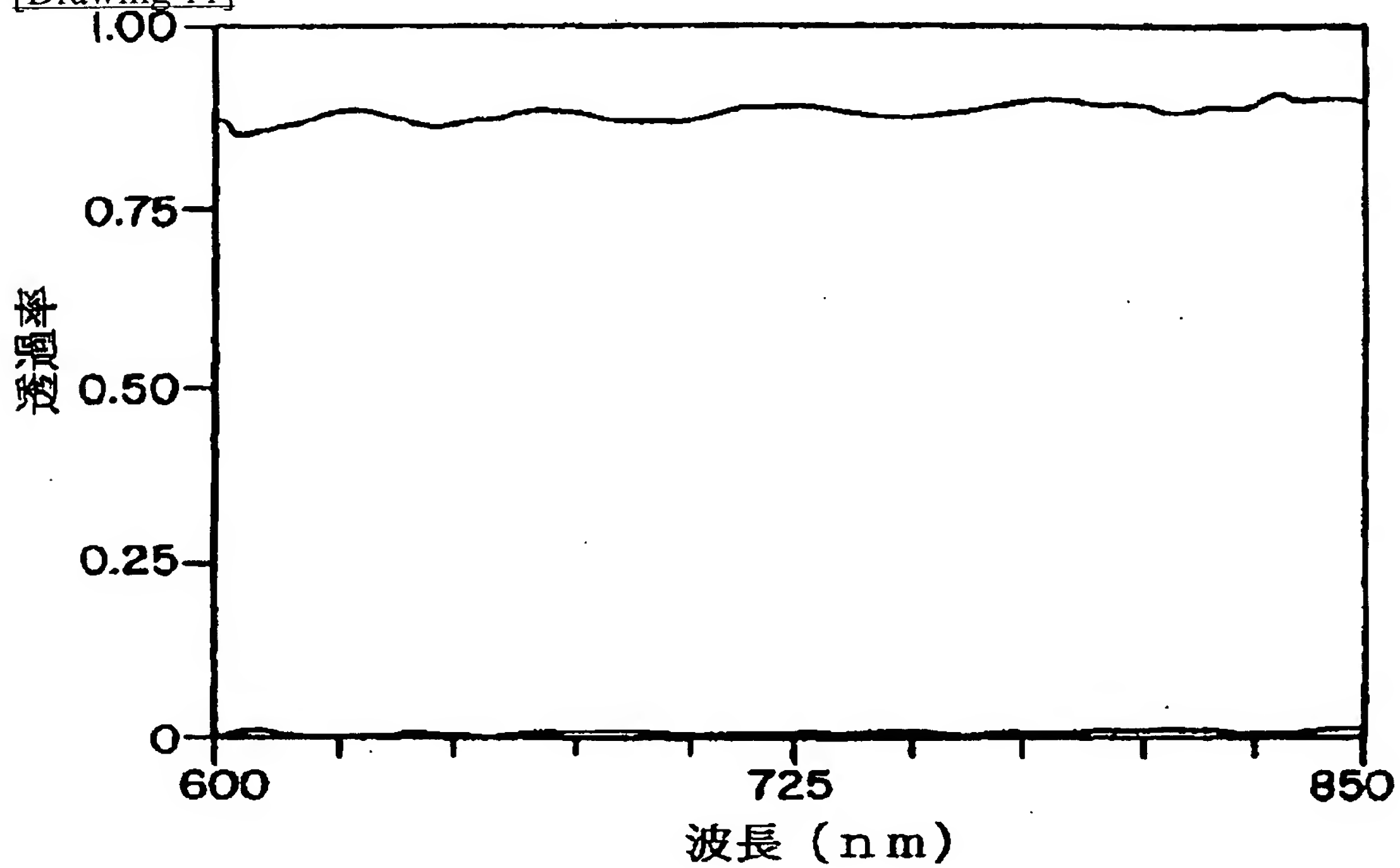


Fig. 11

[Drawing 12]

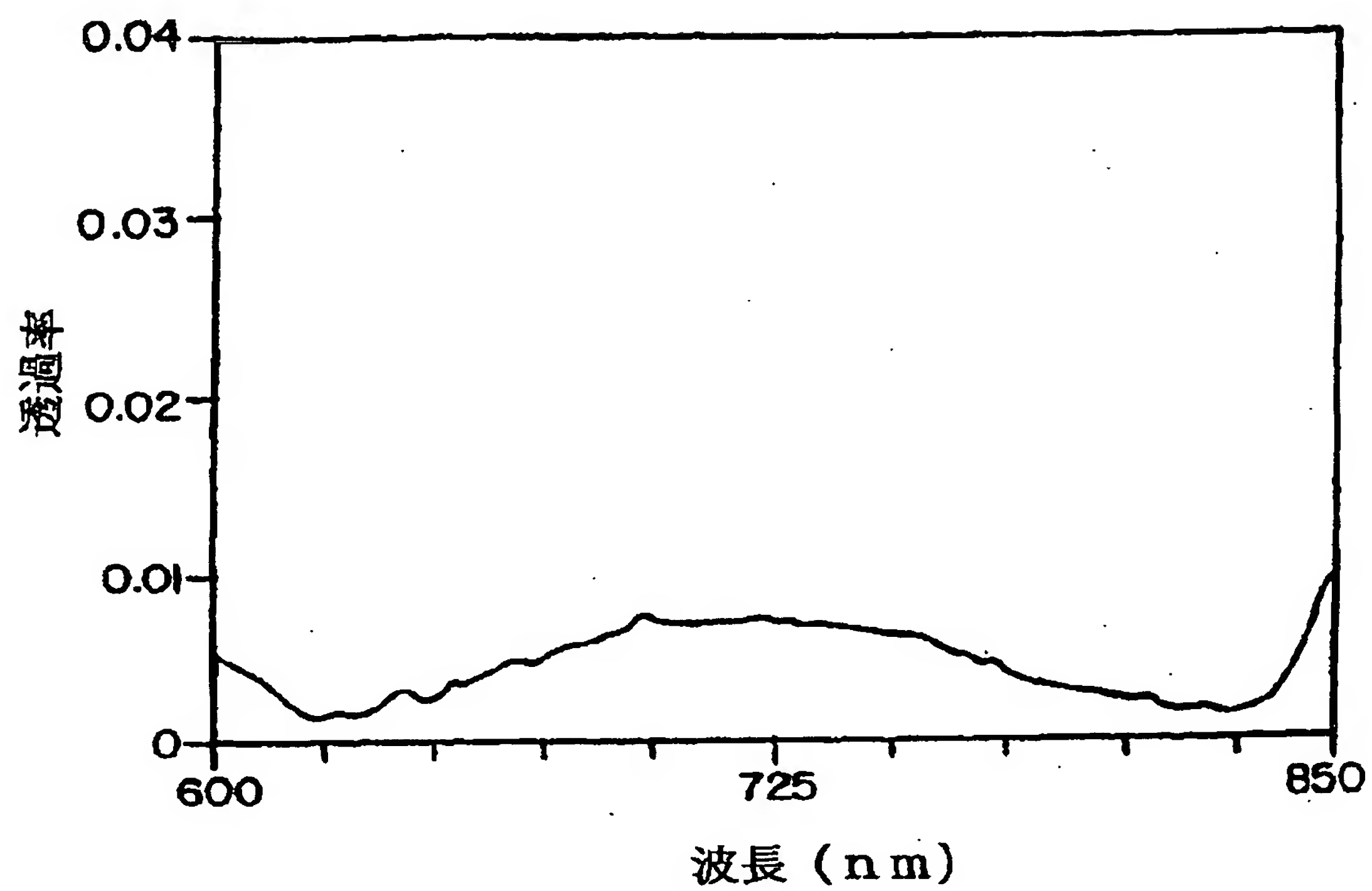


Fig. 12

[Drawing 13]

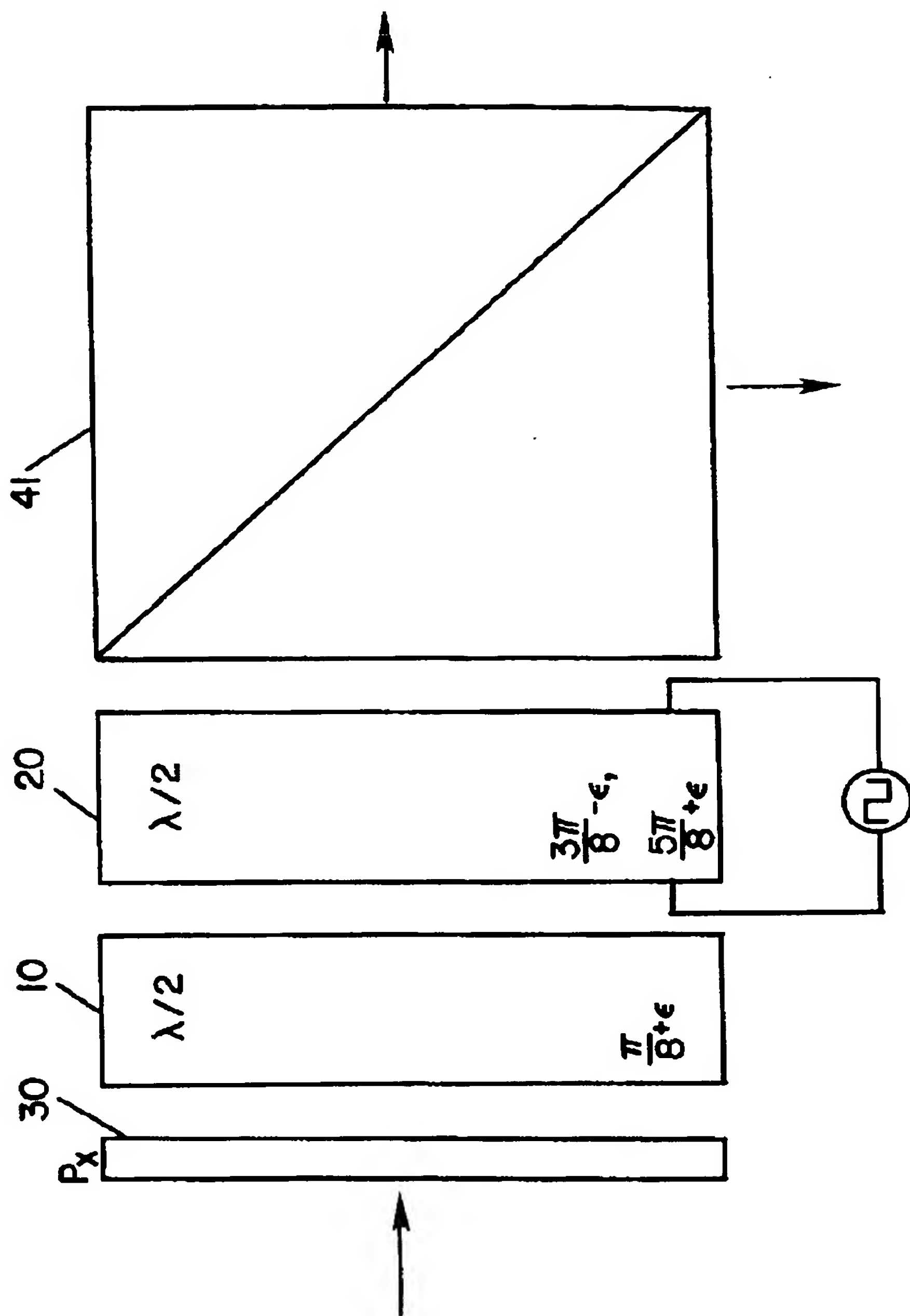


Fig. 13

[Drawing 14]



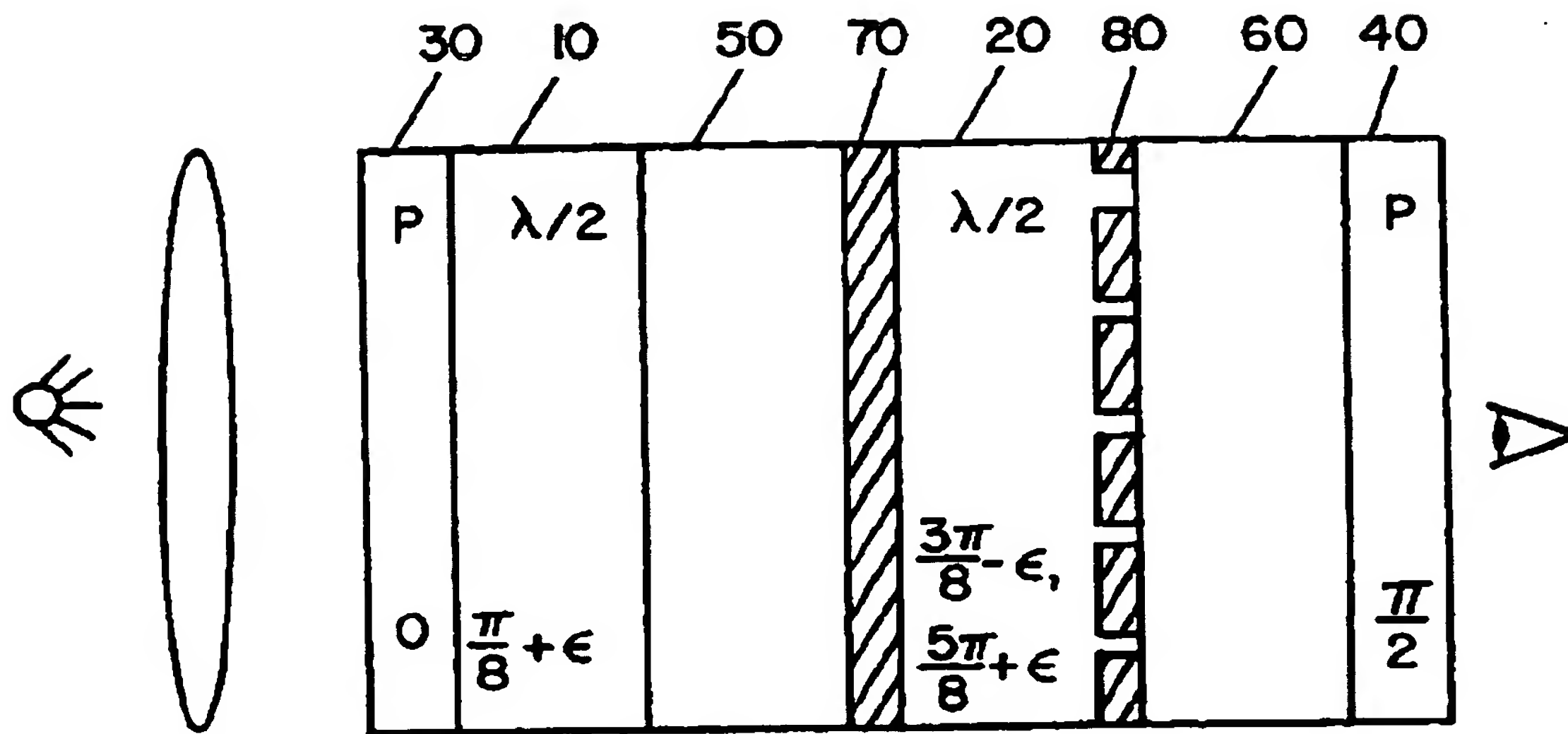


Fig. 14

---

[Translation done.]